VALTION MAATALOUSKOETOIMINNAN JULKAISUJA N:o 160
PUBLICATIONS OF THE FINNISH STATE AGRICULTURAL RESEARCH BOARD No. 160

THE LEAFHOPPER DELPHACODES PELLUCIDA (F.) (HOM., AUCHENORRHYNCHA) AS THE CAUSE AND DISTRIBUTOR OF THE DAMAGE TO OATS IN FINLAND

VEIKKO KANERVO, OSMO HEIKINHEIMO, MIKKO RAATIKAINEN
AND AULIS TINNILÄ

DEPARTMENT OF PEST INVESTIGATION, AGRICULTURAL RESEARCH CENTRE
TIKKURILA, FINLAND

SELOSTUS:
VILJAKASKAS KAURANTUHON AIHEUTTAJANA JA LEVITTÄJÄNÄ SUOMESSA

HELSINKI 1957

VALTION MAATALOUSKOETOIMINNAN JULKAISUJA N:o 160
PUBLICATIONS OF THE FINNISH STATE AGRICULTURAL RESEARCH BOARD No. 160

THE LEAFHOPPER DELPHACODES PELLUCIDA (F.) (HOM., AUCHENORRHYNCHA) AS THE CAUSE AND DISTRIBUTOR OF THE DAMAGE TO OATS IN FINLAND

VEIKKO KANERVO, OSMO HEIKINHEIMO, MIKKO RAATIKAINEN AND AULIS TINNILÄ

DEPARTMENT OF PEST INVESTIGATION, AGRICULTURAL RESEARCH CENTRE
TIKKURILA, FINLAND

SELOSTUS:
VILJAKASKAS KAURANTUHON AIHEUTTAJANA JA LEVITTÄJÄNÄ SUOMESSA

HELSINKI 1957

Received 27 April 1957

Helsinki 1957. Valtioneuvoston kirjapaino

Index

1. Introduction

In the western coastal area in Finland, especially in South Ostrobothnia (Etelä-Pohjanmaa), the oat crop has been attacked by so severe a damage during some of the most recent years that in wide regions its cultivation has become quite unprofitable. The Department of Pest Investigation, Agricultural Research Centre, began the explanation of the causes of this damage in 1955. In the preliminary investigations conducted by Katri Tiittanen M. Sci., a junior research worker, in the year mentioned, it was realized that the damage in question was previously unknown, at least in Finland, and that probably *Delphacodes pellucida* (F.), the most abundant species in the region of damage, played an important part there.

In 1956 the attention of the investigations was mainly paid to *Delphacodes pellucida*. This was partly as a result of, inter alia, the observations concerning this species made formerly in Sweden by Tullgren (1925) and the investigations carried out in other countries on the significance of other leafhoppers as pests of cereals. The research was conducted in South Ostrobothnia in the field laboratory established as a centre in the commune of Laihia, in the area of damage, where O. Heikinheimo, M. Sc., a senior research worker, was the leader of the team-work and M. Raatikainen, M. Sc., and A. Tinnilä, M. Sc., acted as the other research workers. In both years Professor V. Kanervo, D. Agr. and For., was the supervisor of the investigations.

Damage of a corresponding kind also occurs in oats in wide areas in Sweden, where it is called Bollnässjuka. The investigations carried out there during the last few years (Johansson 1956) led to the conclusion that the main cause of the damage was the mite *Siteroptes (Pediculopsis) graminum* (E. Reut.) and that many other species, including *Delphacodes pellucida* also, were to be blamed for the damage (cf. also Rosen 1956). However, it has not been shown that the part played there by the last mentioned species was of a similar nature to that demonstrated in our investigations. In addition to this, it is remarkable that *Siteroptes graminum* observed in the area of damage in Finland were only very few in number.

In connection with the investigations now conducted in Finland it has been revealed that *Delphacodes pellucida* is the main, and perhaps the sole, cause and distributor of this damage to oats. Damage caused by other pests also has, naturally, been observed in oats, but no further account of these is given here because, according to the investigations, they at any rate had no important part in the cause and spreading of the damage, the first part of the research on which will be published here.

This research work has been assisted by many private persons and communities. The commune of Laihia placed the old reserve barracks of Hulmi at the disposal of the field laboratory. Mr. Väinö Rapila, a farmer from the commune of Laihia, gave the area of the experimental and research fields, many other farmers generously offered their oat fields for the control tests, some banks and firms paid for most of the oat seed and part of the journeys, and plant protection firms paid for the major part of the plant protection material needed. To all these we express our best thanks for their very valuable help. We also thank Mr. R. Linnavuori, M. Sc., and Mr. P. Kontkanen, D. Sc., for identifying a portion of the leafhopper material, and all the persons who helped as research or field assistants. Further, our thanks are due to Mr. S. Nuorvala, M. Sc., for translating our manuscript into English and to Miss Helen M. Turnbull for linguistic revision.

2. The symptoms of the damage to oats

During the year 1956 the symptoms of the damage to oats were studied in plants of different ages, both in the research localities and in numerous private cultivations on various soil types. In the experiments, oats which *D. pellucida* was allowed to injure to various degrees (see p. 19), and which were specially grown in the isolation cages, were compared with oats grown outside, between the cages, where the symptoms of the damage were to be clearly seen. It could be established that all the symptoms of disease caused by *D. pellucida* in the oats in the experiments were similar to the damage to oats verified in the field.

The first signs of the damage were seen at the beginning of July, about three weeks after the sprouting, when the oats were in the 4—5 leaf stage. The first sign was a weakening in the growth of length (Fig. 2). The differences in length, as compared with the length of healthy oats, were already observed in experiments about a week after the beginning of the sucking of the leafhoppers. Later the weakening caused by leafhoppers was very considerable (cf. Figs 12—16).



Fig. 1. Oat field (Eho oat) completely attacked by the damage to oats on mould soil in the commune of Laihia, 16th August 1956. Photo by Unto Rousku.
Kuva 1. Kaurantuhon täysin pilaama kauramaa (Eho-kaura) multamaalla Laihian kunnassa 16. 8. 1956. Valok. Unto Rousku.



Fig. 2. On 13th July healthy oat plants (in isolation cage) were already over 20 cm taller than the tallest plants growing in the immediate surroundings. Outside the cages the number of leafhoppers *Delphacodes pellucida* had been nearly one leafhopper per two plants a month earlier. In the cages in the background the oats had not grown taller than the surrounding oats because leafhoppers had been put amongst them. Photo by O. Heikinheimo.

Kuva 2. Terve kaura (eristyshäkissä) oli 13. 7. jo yli 20 cm pitempää kuin ympärillä kasvavat pisimmät kaurat. Häkkien ulkopuolella viljakaskaiden määrä oli kuukautta aikaisemmin lähes 1 kaskas 2:ta kasvia kohden. Taustalla olevissa häkeissä kaura ei ollut kasvanut ympäristöään pitemmäksi, koska niihin häkkeihin oli pantu kaskaita. Valok. O. Heikinheimo.

In the second week of July, about one month after the appearance of *D. pellucida* in oat fields, clear changes in the colour began to be seen in the leaf blades of the oats. The change in colouring began at the tip of the third or fourth leaf, spreading towards the base and to new leaves as they appeared. Even before this the lowest leaf was often discoloured, which happened in the healthy oats, too. The leaf blades of the oats changed to yellowish brown, with streaks or spots. On acid mineral soils a considerable part of the yellowish brown leaves had developed a bright red anthocyanic colouring, under which the yellowish brown colour remained. The sheaths of the leaves could also be yellowish brown or reddish. In general the discolouring varied greatly. This was evidently affected by edaphic factors. In slightly damaged oats there was no discolouration, or it was more or less unclear, although the other symptoms were obvious.



Fig. 3. A profile view of an oat field attacked by the damage to oats. Observe the greatly varying degrees of damage to the plants, the poor development of the panicles and the abundance of short basal shoots. The height of the area seen in the picture is 1 m. The main research locality, Laihia, 14th August 1956. Photo by O. Heikinheimo.

Kuva 3. Profiilileikkaus kaurantuhon vaivaamasta kauramaasta. Huomaa kasvien hyvin eriasteinen vioittuminen, röyhyjen heikko kehittyminen ja lyhyiden tyviversojen runsaus. Kuva-alan korkeus 1 m. Laihia, päätutkimusalue 14. 8. 1956. Valok. O. Heikinheimo.

The other symptoms of the damage appeared during the appearance of the oat panicle. The very unequal growth of length, even in plants growing next to each other (Fig. 3), was the most conspicuous symptom in the field. In the shorter oats (10—25 cm) the panicle did not develop at all, in oats a little taller (25—30 cm) it remained more or less in the sheath, and in still taller plants it appeared partly or totally. Only in case when the plants were nearly normal in regard to length and when the panicle had clearly emerged from the sheath, did a part of the kernels develop up to standard. Before the beginning of ripening the chaffies of the damaged oats were light or reddish.

In the injured plant at the time when the panicle was emerging there

also appeared plenty of basal shoots, 1—6 cm in length (cf. Fig. 14 and 15 p. 24), without leaf blades or with only short blades, 1—3 cm in length (Fig. 3). The number of basal and lateral shoots varied very much, depending on soil type; in mould soils rich in nitrogen they were most, in poor mineral soils least. In the case of healthy oats in mould soils 0—2 lateral shoots appeared, while the infested plant could have nearly twenty additional shoots, but in general there were 5—6 basal shoots. In poor mineral soils the healthy oats had no lateral shoots, but in the infested oats one to two basal shoots could appear.

3. The distribution and rapidity of the spreading of the damage to oats

To clarify the distribution of the damage to oats, the mapping of the area of damage was carried out in 1956, about the end of August—beginning of September. The investigated region compris a zone of 35—70 km in breadth, situated on the shore of the Gulf of Bothnia from the coast round Turku to the commune of Siikajoki (south of the town of Oulu). A total of 707 oat fields situated by the side of automobile roads were examined. Damage occurred in a rather consistent region in 337 oat fields (Fig. 4). In addition to these 56 oat fields the incidence of or lack of damage could not be determined. The length of the district of the damage is about 400 km, extending from the commune of Lokalahti to the commune of Himanka. Its breadth on the mainland varies between about 10—60 km. The region thus lies approximately between latitude 60°45′—64°5′ N. and longitude 21°5′—24° E. Damage was observed in the districts of 67 communes.

The zonal distribution of the damage to oats along the coast is characteristic of its incidence. The percentage of damage is in general 40—100 in the district nearest to the coast. In this area not a single oat field was found where damage did not occur. Here and there appear centres of damage as great as many communes. Everywhere there is a certain fluctuation in the severity of the damage, even in cultivations near each other.

The zone where the damage is 20—40 per cent is very narrow and therefore it has not been presented independently in the chart. Outside it, in the district limited to the inland parts, there is a zone of 20 km in breadth, where the severity of the damage is generally under 20 per cent. The damage seems to occur furthest inland on the rather small peat cultivations between rivers, where mainly timothy and oats are cultivated. In the intensively cultivated wide plain the damage does not extend so far inland.

Further, to obtain facts about the extent and commencement of this damage examined, a rather wide inguiry by letter (about 10 000) was made. From the chart (Fig. 5), made on the basis of the answers received, it

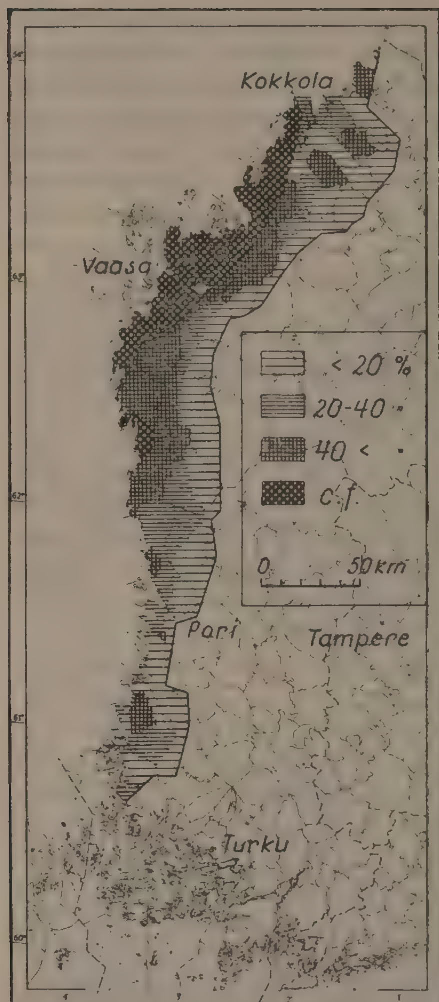


Fig. 4. The distribution area of the damage to oats in the western coastal region of Finland in 1956. The chart also shows the regions of the various degrees of damage and the area where oat cultivation has, to all practical purposes, been discontinued as a result of this damage (c. f.). The main research locality is marked with a white circle near the city Vaasa.

Kuva 4. Kaurantuhon levinneisyysalue Suomen länsirannikolla v. 1956. Kartakkeesta ilmenevät myös arvioidut kauran eriasteisen tuhoutumisen alueet sekä se osa tuhoaluetta (c. f.), jolla kauran viljely on tuhon vuoksi käytännöllisesti katsoen lopetettu. Valkea ympyrä lähellä Vaasaa osoittaa kenttälaboratorion ja päätutkimusalueen paikkaa tuhoalueella.

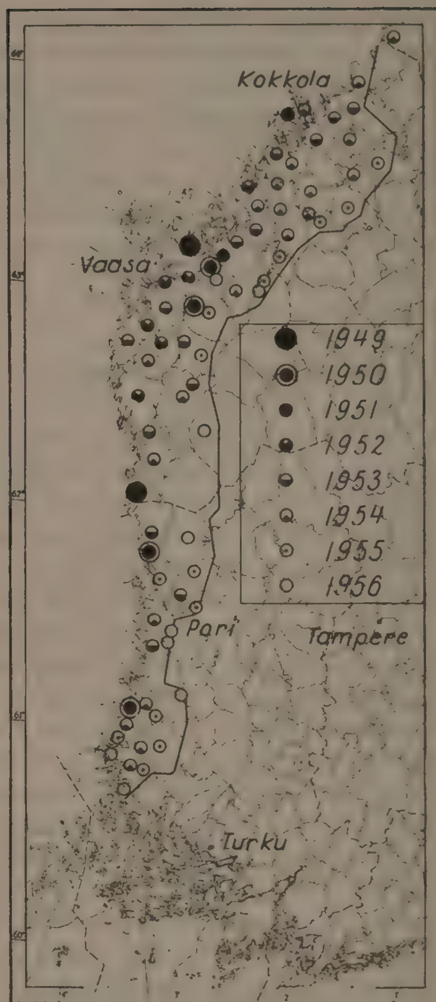


Fig. 5. The yearly spreading of the damage to oats in the western coastal region of Finland according to information given by farmers.

Kuva 5. Kaurantuhon vuosittainen leviäminen Suomen länsirannikolla viljelijöiden antamien tietojen mukaan.

appears that this damage had begun to appear about 1949 in the cultivations near the coast of the Gulf of Bothnia. It is possible that it started from many localities on the coast, although there is no certain evidence of this. It is also evident that the damage has possibly appeared to a slighter extent even some years earlier although it had not at that time attracted any attention. It was verified that this damage is spreading inland (eastwards) to a distance of nearly 10 km yearly on an average.

In the immediate neighbourhood of this area of consistent damage, oats has continually thriven well.

4. The consequences of the damage in regard to oat cultivation

In 1950, approximately 11 per cent of the oat cultivations of Finland were situated in the present area of damage on the western coast. As a result of the damage, oat cultivation completely ceased in 1956, at least in an area consisting of 65 000 hectares of fields where in 1950 oats was cultivated on nearly 9 000 he. Outside this area there is a wide region where in 1950 oats were cultivated on about 37 000 he, but where now, as a result of this damage, oat cultivation has considerably decreased. Many farmers on the outskirts and in the central parts of the region of damage sow oats yearly, but as this damage becomes severer and spreads over a wider area the yield remains small. The severity of this damage varies considerably annually, even in the same locality. In the worst damaged cultivations, the oats is left totally unharvested, due to unprofitableness, and the next year it is rarely sown again. — According to requested estimations, the value of the lost oats was, e. g., in the most important communities of South Ostrobothnia (in the communes of Vähäkyrö, Laihia and Isokyrö) over 10 million Finnish marks in 1954, but in 1955 it was already about 42.5 million Fmks (2 124 000 kg). Far from all the growers who had suffered from this damage had asked for an estimation (Etelä-Pohjanmaan maanviljelysseuran vuosik. 1954, p. 4, and 1955, p. 5), and thus the losses in yield have in reality been bigger than appears from the informed values. In 1955, the value of the lost oat yield in the region of damage in the western coastal area was 1—2 milliard Fmks (according to estimation).

To avoid the damage, a change over, especially to barley cultivation, is made, but because barley is more sensitive to the acidity of soil its cultivation does not succeed in all the former oat fields.

If effective means to prevent this damage are not quickly found it can spread to wide areas and may gradually threaten the oat cultivation in the whole country. What this would mean may be seen by examining how important a plant the oat plant is in Finland.

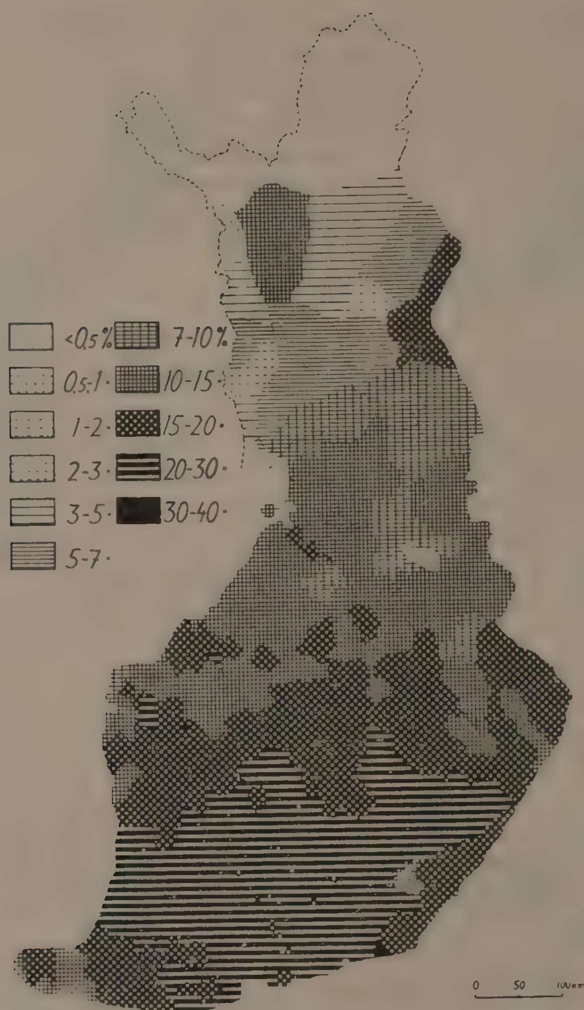


Fig. 6. The area of oat cultivations in Finland in 1950 on farms of over 2 he, given as a percentage of the total field area of such farms. Chart was made at the Geographical Institute of the University of Helsinki.

Kuva 6. Kauran viljelyalan osuus peltopinta-alasta Suomessa v. 1950 yli 2 ha:n viljelmillä. Kartta laadittu Helsingin Yliopiston Maantieteen laitoksella.

According to the general agricultural census, in 1950 the area of oat cultivation in Finland comprised 418 830 he in the case of farms over 2 he, 18 per cent of the total field area of the corresponding farms, and 49.2 per cent of the total area of cultivated cereal plants. Thus oats is the most im-

portant cereal in Finland. The chart (Fig. 6) indicates how the area of oat cultivation compares with the total field area of farms in each commune. From this it can be seen that the oat cultivation has been centered on the farms south of latitude 62° N. and in South Ostrobothnia. Thus it must be noted that the present area of this damage is situated on the western edges of the region richest in fields and oat cultivations. Accordingly the majority of oat cultivations in the country can soon be threatened.

Oats is the most important fodder cereal. In the fiscal year 1st July 1954—30th June 1955, 73.5 per cent of the crop was used for fodder, 12.7 per cent for seed, 6.9 per cent for human food, and as weight loss in agriculture and on farms there remained 6.9 per cent (Pernu 1956 p. 138, the original figures have been changed into percentages). In the area of damage the fact that oats is dropping out from the cultivated plants already now causes difficulties, especially to animal husbandry, but also agriculture as a whole. Taking into consideration the entire country, the situation can become still more difficult.

5. The biology of Delphacodes pellucida (F).

a. Materials and methods

The year 1956 differed very much from normal in regard to temperature. The spring came about 2—3 weeks later than normal and the summer was colder than usual. Therefore the results obtained regarding the periods of time of biological phenomena must be considered with reservation. The major part of the biological investigations was carried out in the main research locality 25 km east of the town of Vaasa, in the village of Kuppaarla, in the commune of Laihia, where the variety and isolation cage experiments took place. The other research localities were in neighbouring communes and outside the area of damage in close vicinity to it, in the commune of Ylistaro, situated about 60 km east of the town of Vaasa.

The »suction samples» formed the most important part of the investigated material concerning the biology of *D. pellucida.* For collecting these a home made apparatus driven by a gasoline motor was used. In this apparatus the following were placed: A nylon bag for samples placed in a tin cylinder and the flexible hose of a vacuum cleaner with tubes. For taking of samples a cylinder of tinplate, 36 cm in height and 0.086 sqm in width, was pressed on to the sample area, and suction was applied for two minutes. The principle of the apparatus, the like of which has already been used earlier in field experiments (Johnsson, Southwood and Entwistle 1955 and 1957), worked very effectively. The suction time of two minutes generally seemed to be sufficient, but in very dense or high stands it was necessary to apply suction for 3 minutes. It was established that with this

method a useful quantitative accuracy could be reached. The use of this suction apparatus will be explained in more detail in another connection.

In addition to the suction samples, a series of netting samples was collected, but the taking of samples from sprouting fields or from the lowest levels of the tall cereals was possible only with the help of the suction apparatus.

b. Overwintering

The hibernation of *D. pellucida* is said to occur in Middle Sweden mainly in the second or third nymphal stage (TULLGREN 1925, v. ROSEN 1956), and in England in the 4th or 5th nymphal stage (HASSAN 1939). On comparing samples taken from research localities late in autumn and early in spring, it could be established that *D. pellucida* overwintered here in the 3rd or 4th nymphal stage. After the normal summer of 1955 early in the spring of 1956 there was a slightly greater number of nymphs in the 4th stage than the total number in other stages. In the samples of the autumn of 1956, most nymphs, about 40—50 per cent, were in the 3rd stage, and there were approximately 10—20 per cent of nymphs in the 4th stage. Nymphs in the first and second stage have also been found hibernated in the spring, although they were relatively few in number.

The nymphs seem to spend the cold season in the field on the surface of the soil. In the communes of Laihia and Ylistaro, where 50 per cent of the ground was bare of snow on 24th—26th April, the nymphs were observed 3rd to 5th May to creep about immediately the temperature had risen to about 10° C.

c. Emergence

In the research localities emergence of adults in 1956 was found to begin at the end of May. When the warm and chilly periods varied it was observed that the growth and emergence of nymphs almost stopped during the chilly time, and, on the other hand, it progressed rapidly when the temperature was rather high. The first adult was found on 30th May. The emerging revived after the 5th June, when the weather became warmer. About 10th—15th June over half of the *D. pellucida* specimens had already emerged. Nymphs in the last stage were still found on 25th June, so emergence probably ended about the end of June—beginning of July.

d. Swarming and feeding plants

The use of spring cereals as cover crops for grass fields seems to offer especially favourable conditions for the propagation of the leafhopper *D. pellucida*. The nymphs in timothy grown in cover crops are not destroyed by ploughing or harrowing, as in spring cereal fields. To be able to

move yearly to their egg-laying plants the adult leafhoppers move from timothy fields to cereal fields. On examining this movement it has been noted that it occurs mainly under certain climatic conditions, when the leafhoppers take wing in great swarms and are carried away to seek for cereals. This has the greatest importance in regard to the commencement, distribution and possibilities of control of the damage to oats (cf. p. 35). For example, on 11th June, when the first swarm was observed in the main area of research, the air temperature during the swarming was over 27°C, and 30° C on the surface of the ground, while the speed of wind about 0—3 Beauf. Just before swarming, the number of leafhoppers emerged in timothy fields in the main research locality was 71 per cent. Swarming ended at sunset when the weather became chillier, at 9.30 p. m. 200 leafhoppers/sqm on an average were found as the result of swarming in oat fields where the plants were in the young tillering stage (the 1—2 leaf stage).

The presumption regarding the beginning of swarming seems thus to be that the temperature is high and the speed of wind less than approximately 3 Beauf. It could be observed, namely, that if the speed of wind rose higher, the leafhoppers did not begin to take wing. *D. pellucida* proved to be a slow flyer, whose way of flight rather much resembled the flight of aphids. Even a slow current of air took the leafhoppers along the swarm then being carried with the wind. When the height of flight was examined, leafhoppers were found nearly as much at a height of 4 m. as at a height of one m. Even at a height of 6 m. leafhoppers were found. To investigate the height of flight a rotable netting equipment was used, where the bags of the net were at heights of 1, 2.5, and 4 m. During swarming the flight of individual leafhoppers could be followed up to 0.5 km. It is evident that their trips can cover many kilometres with the help of wind. This explains, perhaps, the quick spreading of this damage to new localities. It seems that although a number of the leafhoppers fly over forest regions, a considerable number, however, interrupt their swarming when they come to the edge of the forest. Evidently it is because of this that in all cases where the oat field was bordered on one side by forest, the damage was observed to be most severe about 10—30 metres from the edge of the forest.

The swarming of *D. pellucida* occurred in more than one phase. On 11th June, when the major part of leafhoppers in the main research locality swarmed, a considerable number of them being still in the 5th nymphal stage. Most of these nymphs emerged before 22nd June, when the weather was again warm and the wind had dropped to less than 3 Beauf. Then the leafhoppers swarmed again. The following days (23rd and 24th June) were similar and the swarming continued.

It could be established that nearly all the *D. pellucida* capable of swarming had left the timothy field after the swarming period. The observations

made indicate that swarming occurred somewhat unsimultaneously in different localities. Near the coast the emergence and swarming occurred later than in the localities of observation 20—50 km inland. Thus the oat fields in the vicinity of the coast were still without leafhoppers on 14th June. The local microclimatic conditions have ossibly had a considerable significance with regard to the swarming time, too.

e. Oviposition

The first groups of eggs of *D. pellucida* were found about the end of June—beginning of July. The egg-laying still continued in August, decreasing little by little as the weather became colder and the number of egg-laying females decreased. *D. pellucida* lays its eggs readily in all spring cereals. In a mixed crop of oats, barley and spring wheat, eggs appeared most in barley. Eggs were also observed in rye, quick grass and timothy. The majority of egg groups were in the middle part of the stalks. The eggs had been laid most direct in the stalk (Fig. 7), a small part, hovewer, of them through the sheath. Egg groups laid slantingly in the sheath were also found (Fig. 9), but they were rarely laid in the same way in the leaf blades.

The number of eggs in the egg groups varied considerably. The groups laid in an exceptional way were small in regard to egg number, having 1—10 eggs in each. The groups laid direct in the stem usually had 5—30 eggs.

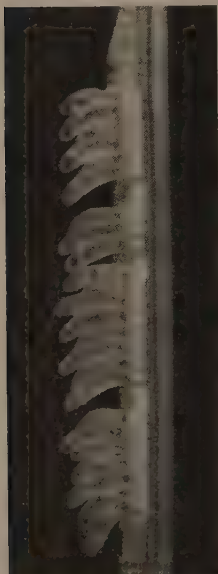


Fig. 7. Egg group of the leafhopper *Delphacodes pellucida* in an oat stem. The exterior surface of the stem is on the right. Laihia, 27th July 1956. Photo by O. Heikinheimo. Magnified 12×. *Kuva 7. Viljakaskaan munaryhmä kauran korressa. Korren ulkopinta oikealla. Laihia, 27. 7. 1956. 12-kertainen suurennus. Valok. O. Heikinheimo.*

f. The occurrence of young nymphs

The first hatched nymphs were found at the end of July. Thereafter the hatching of nymphs continued up to September, and even during September the collected suction samples contained a considerable number of nymphs in the first nymphal stage. The young nymphs stayed mainly near the surface of the ground, in oats most preferably on fresh basal shoots and generally in the lower parts of the stem. After harvesting in addition to basal shoots, the nymphs could also utilise young timothy, which was their most important source of feeding the following spring.

g. The fluctuation of abundance and natural enemies

Although the number of quantitative samples from each area of samples remained small, the changes in different developmental stages and the fluctuation in abundance of various leafhopper species were clearly to be established. The results obtained from suction samples can be considered very reliable both qualitatively and quantitatively, and the replicated samples and accurate observations gave consistent results. With the help of this method it could be noted that in the research localities in the spring there were 7—23 million specimens of the nymphs of *D. pellucida* per hectare in the first-year timothy field. The same values of abundance of *D. pellucida* were obtained both from the commune of Laihia etc., in the area of damage, and from the commune of Ylistaro outside the area of damage. Considerable fluctuation could be observed between the individual localities of investigation.

The number of the leafhopper nymphs decreased quickly in the course of the spring and early summer, so that at the beginning of emergence their number had, e. g., in the main research locality, decreased from 23 million to 8 million per hectare. The number of adult leafhoppers, three days and nights after the first swarming, was observed to be 2 million/he on oats in the same locality, or nearly one leafhopper to two plants, when there was an average of 460 oat plants/sqm. At the same time it was noted that the abundance of leafhoppers in two other research localities was 2—3 million specimens per hectare in sprouting oats.

During the second swarming the number of leafhoppers increased somewhat in oat seedlings. After swarmings a rather strict decreasing tendency dominated, compared with the number of adult leafhoppers in oat fields.

Some parasitic and predatory insects play their part in the fluctuation of the abundance of *D. pellucida*. Their very abundant occurrence in the research localities could be observed and they have clearly had an important significance, in one way by prevention of the oviposition of adult leafhoppers, in another as the destroyers of eggs. As in Sweden (v. Rosen 1956), the larvae of *Ahlbergiella aequa* (Walk.) and *Panstenon oxylus* (Walk.) were also very common here in the stalks of cereals. Of the stems examined containing leafhopper eggs, in over three quarters there were one or sometimes two larvae of *Hymenoptera*, which had destroyed the majority of eggs in the stalks, either partly or totally. The most general and most significant of the enemies was a strepsiptera *Elenchus tenuicornis* (Kirby) which prevent the egg-laying. There were up to 65—70 per cent of the swarmed adult leafhoppers in the main research locality stylopized by this species. In other research localities also the number of stylopized specimens was considerably large.

3 4983—57/2,42



Fig. 8. *Delphacodes pellucida* stylopized by the strepsiptera *Elenchus tenuicornis* (the head of the male puparium is to be seen at the side) and parasitized by *Dicondylus lindbergi* hymenopterous larva. Observe also the sexual intermediarity of the leafhopper. Laihia, 10th July 1956. Photo by O. Heikinheimo. Magnified 15×

Kuva 8. Elenchus tenuicornis-kierresiipisen (♂-kotelon pää näkyy kyljessä) ja Dicondylus lindbergi -pistiäistoukan loisima viljakaskas. Huomaa myös kaskaan sukupuolinen intermediaarisuus. Laihia, 10. 7. 1956. 15-kertainen suurennus. Valok. O. Heikinheimo.

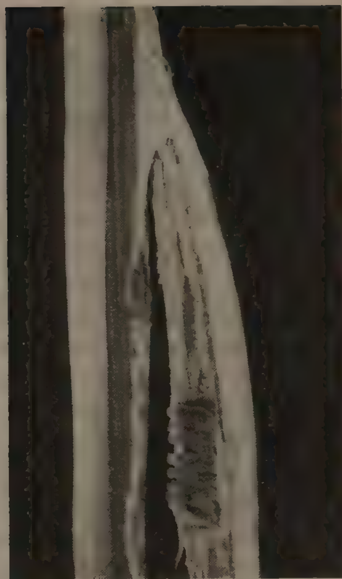


Fig. 9. Egg group laid by *Delphacodes pellucida* in the sheath of oats where all the eggs were red and parasitized by *Anagrus* species. The interior cell wall of the sheath has been partly removed over the eggs. Laihia, 28th July 1956. Photo by O. Heikinheimo. Magnified 7×

Kuva 9. Viljakaskaan kauran lehtituppeen munima munaryhmä, jonka kaikki munat olivat punaisia, Anagrus sp:n loisimia. Lehtitupen sisäketto on osittain poistettu munien päältä. Laihia 28. 7. 1956. 7-kertainen suurennus. Valok. O. Heikinheimo.

Other parasitic species were found to a less extent. Some species, however, deserve attention. Of these one is a dryinid *(Dicondylus lindbergi* Heikinh., Heikinheimo 1957) (Fig. 8). In the main research locality about 5 per cent of the *D. pellucida* specimens were parasitized by its larvae, which were found only in adults of this leafhopper. When taken for rearing the parasite pupated and emerged during August. Directly after emerging the parasites greedily began to eat young leafhopper nymphs and lay their eggs in other nymphs. The other parasite was a mymarid *(Anagrus* sp.*)*, whose dark red larvae and pupae, with only one exception, were found in leafhopper eggs lying slantingly in the sheath of the oat leaf or otherwise were parallel with its surface. Approximately 90 per cent of the *D. pellucida* eggs laid in the sheaths were parasitized by this mymarid (Fig. 9).

6. The occurrence of other leafhopper species and their significance in the area of damage

As is to be seen from the above mentioned quantities, *D. pellucida* was very abundant in the research localities. Other leafhopper species hibernating in the nymphal stage were also found in the samples taken in early summer from timothy fields. However, their number in timothy fields was only 0—16 per cent of the total, generally being 2—5 per cent. Of these, the most general was *Criomorphus bicarinatus* (H. S.), mainly in its brachypterous form. In the main research locality the abundance of other leafhoppers in oat fields during swarming time in June was 5 per cent on an average, but the most general species after *D. pellucida* was now *Doliotettix pallens* (Zett.) (4.5 per cent), while other leafhopper species found were *Delphacodes sordidula* (Stål) f. macr. (0.5 per cent) and *Criomorphus bicarinatus* (H. S.) f. macr. (0.3 per cent). Occasional species are not mentioned here. In some research localities leafhopper species other than *D. pellucida* were not observed.

In addition to the species mentioned above, in timothy fields there was still a fourth species overwintering as a nymph, namely, *Diplocolenus abdominalis* (F.). The possible share of these species in the damage of oats will be discussed later (p. 29).

7. Experiments to elucidate the causes of the damage to oats

a. Isolation cage experiments with Delphacodes pellucida on the field

These experiments were carried out in the main research locality and they form the gist of the entire research. A field area of about 0.5 he, drained by means of brick pipes, in good condition, with a surface mould layer of 15—30 cm. and subsoil of acid clay, was ploughed, harrowed and



Fig. 10. General view from the main area of research, where the majority of isolation cage and variety trials were situated. Laihia, 21th July 1956. Photo by O. Heikinheimo.

Kuva 10. Yleiskuva päätutkimusalueesta, jossa sijaitsivat pääosat eristyshäkki- ja lajikekokeista. Laihia, 21. 7. 1956. Valok. O. Heikinheimo.

Table 1. The influence of the sucking of *Delphacodes pellucida* on the growth and yield of oats. The results from isolation cage experiments. The plots were harvested from 21th to 24th September.

Taulukko 1. Viljakaskaan (Delphacodes pellucida) imennän vaikutus kauran kasvuun ja satoon. Tulokset eristyshäkkikokeista. Koeruutujen sato korjattu 21—24. 9.

Test objects *Koejäsenet*	Number of oat plants in two plots *Kauroja kahdessa ruudussa* *kpl*	Average number of shoots per 100 plants *Versoja keskim./100 kauraa* *kpl*	Average height of oat plants, cm *Kaurojen keskim. pituus* *cm*	Ripened shoots as per centage of total number of shoots *Röyhyllisiä versoja % versoista*	Total yield in gr/100 oat plants *Koko sato gr/100 kauraa*	Grain yield in gr/100 oat plants *Jyväsato gr/100 kauraa*	Shrivelled grains per cent *Kahujyviä* %	Grain yield in per centage ratio *Jyväsadon sl.*	Estimated grain yield in kg per hectare *Arvioitu jyväsato* *kg/ha*
Test series 1. Tammi oats. One leafhopper per oat plant, the sucking-time beginning: *Koesarja 1. Tammi-kauraa. 1 kaskas/kasvi, imentäaika alkoi:*									
14th June — *14. 6.*	265	323	48.8	36.5	17	9	48	12	338
28th June — *28. 6.*	197	379	77.2	40.6	58	37	37	48	1 042
2nd July — *2. 7.*	194	262	80.8	55.2	64	47	27	61	1 308
Isolated control — *Eristetty kontrolli*	319	200	104.4	62.0	90	77	15	100	3 521
Test series 2. Tammi oats. Free choice, sucking-time from 11th June: *Koesarja 2. Tammi-kauraa. Valinta vapaa, imentäaika 11. 6. alkaen:*									
0 hours (isolated control) — *0 vrk (eristetty kontrolli)*	389	133	101.7	82.1	74	62	16	100	3 442
48 hours — *2 vrk*	334	158	86.6	65.1	56	45	19	74	2 177
14 days and nights — *14 vrk*	276	418	53.2	33.3	26	15	43	24	597
22 days and nights — *22 vrk*	220	545	39.7	22.5	16	8	48	14	266
Unlimited (free control) — *Rajoittamaton (vapaa kontrolli)*	313	570	37.6	19.7	14	5	88	9	245
Test series 3. Tammi oats. The origin of the leafhopper material, two leafhoppers per oat plant: *Koesarja 3. Tammi-kauraa. Kaskasaineiston alkuperä, 2 kaskasta/kasvi:*									
Laihia, area of damage, from 14th June — *Laihia, tuhoalue 14. 6.*	343	316	26.5	26.4	1.9	0	100	0	0
Ylistaro, outside the area of damage, from 18th June — *Ylistaro, tuhoalueen ulkop. 18. 6.*	202	264	73.0	60.0	46	28	40	41	805
Do., 5 leafhoppers per oat plant: *Kuten ed., 5 kaskasta/kasvi:*									
Laihia, area of damage, from 16th June — *Laihia, tuhoalue 16. 6.*	204	444	20.0	15.8	1.0	0	100	0	0
Ylistaro, outside the area of damage, from 18th June — *Ylistaro, tuhoalueen ulkop. 18. 6.*	196	213	60.7	63.6	26	11	56	16	316
Isolated control — *Eristetty kontr.*[1]	[1]) 177	163	103.0	71.0	81	68	16	100	3 481
Test series 4. Orion III oats. One leafhopper per oat plant, the origin of the material: *Koesarja 4. Orion III-kauraa. 1 kaskas/kasvi, aineiston alkuperä:*									
Laihia, area of damage, from 15th June — *Laihia, tuhoalue 15. 6.*	274	494	40	24.2	23	15	34	23	604
Pälkäne, outside the area of damage, from 12th June — *Pälkäne, tuhoalueen ulkop. 12. 6.*	180	263	73	59.2	70	48	31	72	1 243
Unisolated control — *Eristämätön kontrolli*	145	318	37	24.9	15	5	69	6	187
Isolated control — *Eristetty kontrolli*	318	260	87	57.3	80	67	17	100	3 047

[1]) The average of four Tammi control plots. — *Neljän Tammi-kontrolliruudun keskiarvo.*

fully fertilized and oats were sown there by a sowing machine, the concentration of seeds being 200 kg/he. In two strips between the variety experimental plots Tammi oats were sown (germination 95 per cent, originated from outside the area of damage), in part of another strip Orion III oats was sown. The seed of this latter was sown twice by machine (200 kg/he), due to poor germination (54 per cent), and it originated from another oat field where the damage was very severe.

The sowing was done on 26th May, which is considered the normal sowing time for oats in the Vaasa district, due to the lateness of the spring in 1956. After the sowing, oat plots, 58—60 cm in size, were marked on the experimental area about 3 m from each other. The main number of the experimental plots were isolated before the sprouting of the oats, using cages 120 cm in height, covered with a galvanized iron screen (no. 25—28) and partly with a polythene film (Fig. 10 and 11). At the basal edge of the cage was a projecting edge of tinplate, which by pressing on the ground completely closed the cage. The oats of the experimental area sprouted on 6th June. There were 460 seedlings/sqm on an average.

By the isolation cage it was attempted to illustrate in which way and how severely *D. pellucida* could possibly injure oats. The experiment was arranged in four series connected with each other, where each replicate contained two plots. The plots of the series No. 4 with their cages were situated in Orion III oats, others in Tammi oats. The results are presented in Table 1 and in Figures 12—17.

In the experimental series 1 a study was made to determine the kind of damage caused by one leafhopper per plant and how the beginning-time of the sucking (i. e., swarming) affects the severity of the damage. All the plots of the experimental series were covered with cages before the sprouting of the oats. Immediately before being put in the cages, the adult leafhoppers used in the experiment were



Fig. 11. Isolation cage, for further details see the description in the text. Laihia, 17th August 1956. Photo by O. Heikinheimo.

Kuva 11. Eristyshäkki, ks. lähemmin tekstissä olevaa selitystä. Laihia, 17. 8. 1956. Valok. O. Heikinheimo.

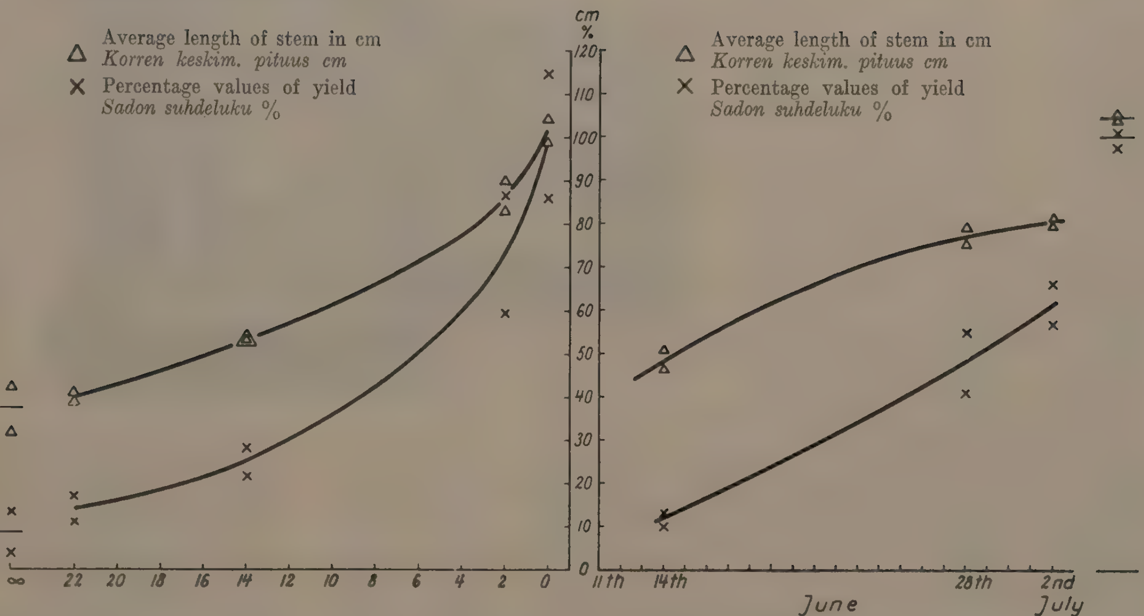


Fig. 12. The effect of the sucking-time of *Delphacodes pellucida* on the yield of Tammi oats and on the growth of length of its stem. On 14th June the number of leafhoppers was verified as 0.45 specimens per plant. The unisolated control is on the left.

Kuva 12. Viljakaskaan imentäajan vaikutus Tammi-kauran satoon ja korren pituuskasvuun. 14. 6. todettiin kaskaiden määräksi 0.45 yks./kasvi. Eristämätön kontrolli on vasemmalla.

Fig. 13. The effect of the beginning-time of the sucking of *Delphacodes pellucida* on the yield of Tammi oats and on the growth of length of its stem. The isolated control is on the right.

Kuva 13. Viljakaskaiden imennän alkamisajan vaikutus Tammi-kauran satoon ja korren pituuskasvuun. Eristetty kontrolli on oikealla.

collected from the timothy fields in the main research locality and later from adjacent oats and from fields with cereal mixtures. On certain days, on 14th June, 28th June, and 2nd July, the leafhoppers were put in the cages in question. The results which are presented in the diagram (Fig. 13) show that the leafhopper *Delphacodes pellucida* had caused very severe damage in oats when the sucking-time began soon after the first observed swarming (11th June) [1]. From the diagram the weakening in the growth of the stalk is clearly to be seen. Besides, it must be mentioned that also other typical symptoms connected with the damage to oats, such as the unequal growth of length, the discolouration of the leaves, and the forming of basal shoots, appeared simultaneously with and similar to those in the oat fields surrounding the experimental plots, but they were completely absent in the isolated control plots (cf. p. 6—9). The yield of the control plots was excellent, being 3 175 and 3 865 kg per hectare. The results of the experiment show that *Delphacodes pellucida* causes in oats such symptoms which are typical in oats in the area of damage in West Finland.

In the experimental series 2 it was investigated how the length of the sucking-time affects the growth and yield of oats. The experimental plots were covered with cages at different times and then the leafhoppers etc. in the cages were removed or destroyed. The time from the first swarming (11th June) to the putting of the cage in its place was counted as the sucking-time, when the leafhoppers coming to the experimental field were allowed to move freely in the plots. The times of sucking investigated were 0, 2, 14, 22 days and nights, and continuous sucking (uncovered plots). The results are to be seen from Fig. 12. The 203 leafhoppers per sqm observed in the experimental field on 14th June had caused an average loss of 93 per cent in yield. One leafhopper was sufficient to cause damage to two oat specimens. The severity was clearly dependent on the length of the sucking-time. A sucking-time of two days and nights was enough to cause a clear reduction in the yield. After 14 days and nights 76 per cent of the yield was already lost. Here also the average length of the plants was in clear correlation with the severity of the damage. The effects of a sucking-time of 22 days and nights on the distribution of the length in plants and on the number of basal shoots is presented in Fig. 14. The average length of severely damaged oats remained under 40 cm, whereas the length of totally isolated healthy oats was over one metre, the number

---

[1]) In this and in the experimental series 3 and 4, it must be taken into consideration in regard to the number of leafhoppers damaging plants that from the stated number of leafhoppers put in cages, a considerable number (approx. 30—40 per cent) were observed to have injured themselves when collected and transferred, so that their time of life in the cage remained very short. The concentration of injured leafhoppers was thus in reality about one third smaller than the original concentration, counted according to cages.

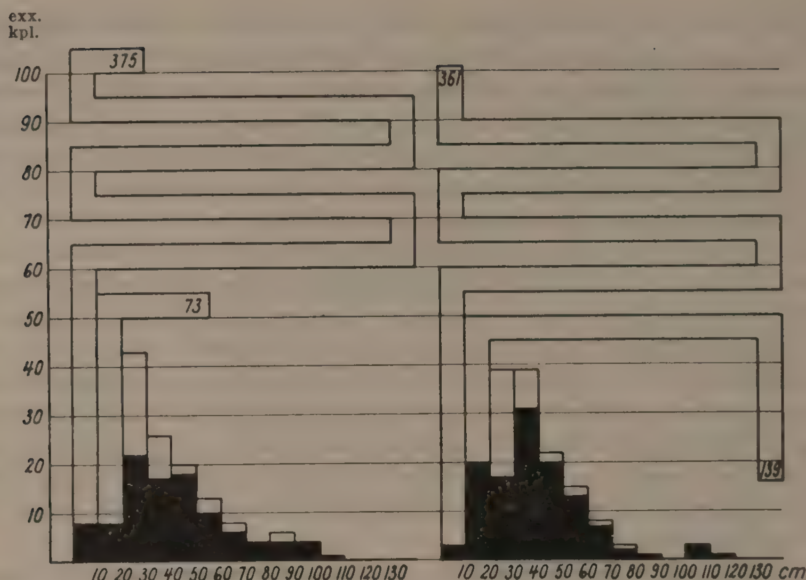


Fig. 14. The effect of a sucking-time of 22 days and nights on the growth of length and on the abundance of basal shoots in two experimental plots. The distribution of shoots and plants in groups of length. The black columns indicate plants, the white basal and lateral shoots.

Kuva 14. 22 vrk:n imentäajan vaikutus kaurojen pituuskasvuun ja tyviversojen runsauteen kahdessa koeruudussa. Versojen ja kasvien jakaantuminen pituusryhmiin. Mustat pylväät kasveja, valkeat sivu- ja tyviversoja.

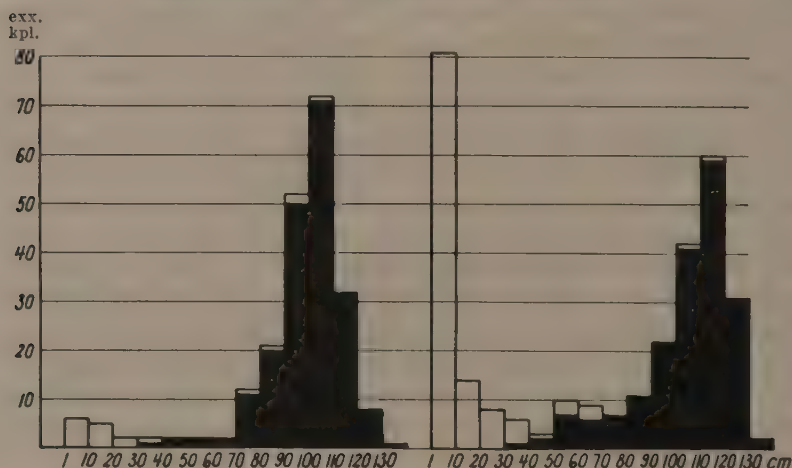
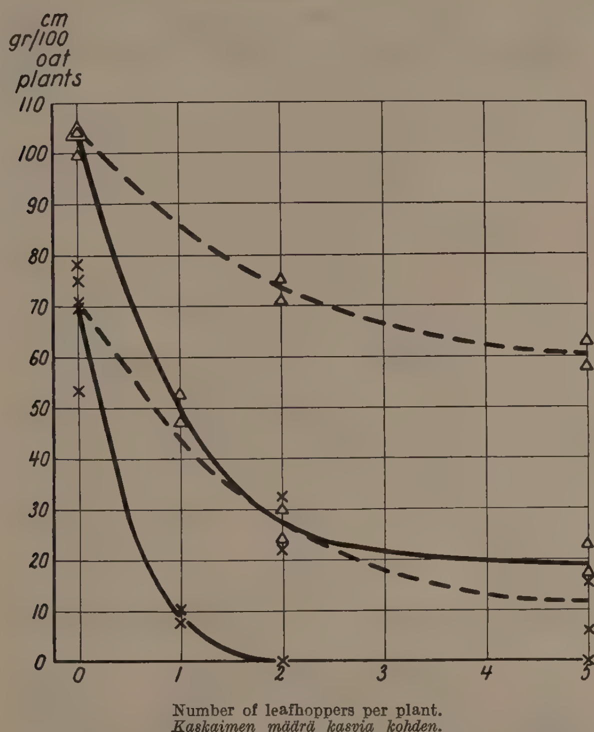


Fig. 15. The distribution of healthy isolated shoots of oats and oat plants in groups according to height, in two experimental plots. The black columns indicate plants, the white basal and lateral shoots.

Kuva 15. Terveen eristetyn kauran versojen ja kasvien jakaantuminen pituusryhmiin kahdessa koeruudussa. Mustat pylväät kasveja, valkeat sivu- ja tyviversoja.

of basal shoots was diminutive (Fig. 15), and yields per hectare were 3 046 and 3 837 kg. While the ratio of the grain yield of uncovered plots was 7 per cent on an average, the concentration of kernels obtained from Tammi oats was hardly greater than that sown in the field in the spring.

Whether in this experimental series leafhopper species other than *D. pellucida* also have any part in causing the damage, remains unproved. The scarcity of other leafhopper species and of other insects, too, in the experimental field, and the tests carried out with other leafhopper species



Number of leafhoppers per plant.
Kaskaimen määrä kasvia kohden.

Fig. 16. The effects of the origin of *Delphacodes pellucida*-material and of their numbers on the severity of damage in Tammi oats.

Kuva 16. Viljakaskasaineiston alkuperän ja kaskaiden määrän vaikutus Tammi-kaurassa esiintyvän vioituksen ankaruuteen.

— *Delphacodes pellucida* from Laihia, in the area of damage
Viljakaskaat Laihialta tuhoalueelta

--- *Delphacodes pellucida* from Ylistaro, outside the area of damage
Viljakaskaat Ylistarosta tuhoalueen ulkopuolelta

△ Average length of plants in cm
Kasvien keskim. pituus cm

× Grain yield gr/100 plants
Jyväsato gr/100 kasvia

in regard to the damage (p. 30), point out, however, that *Delphacodes pellucida* was perhaps the sole cause of the damage in this series also.

In the experimental series 3 a comparison was made of the injuring ability of leafhoppers collected from different sides of the verified border of the area of damage. In the same series the extent to which the damage increases when the quantity of leafhoppers is increased was examined. The restriction of the damage to oats to only one part of the distribution area of *D. pellucida* in Finland gave rise to closer studies on the abundance of this leafhopper in the area of damage and outside it. When these investigations revealed that *D. pellucida* appeared as abundantly outside the area of damage (in Ylistaro) as within it (communes of Laihia etc.)

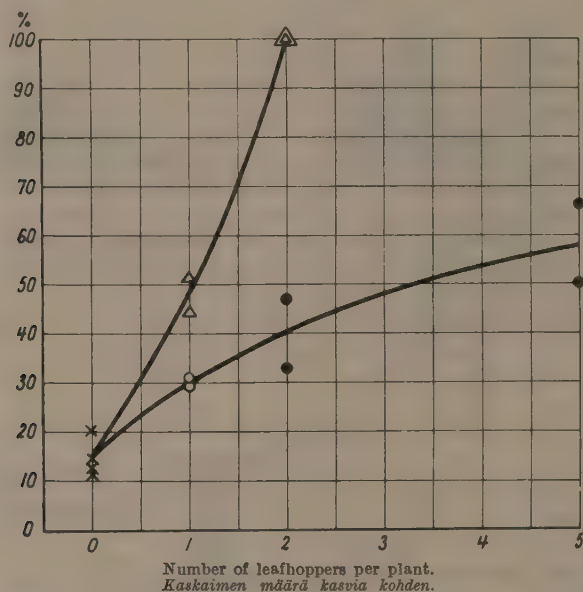


Fig. 17. The dependence of the percentage weight of shrivelled grain yield on the number of *Delphacodes pellucida* leafhoppers belonging to different population groups.

Kuva 17. Kauran jyväsadon kahujyvien paino-%-määrän riippuvuus eri populaatioryhmiin kuuluvien viljakaskaiden määrästä.

× Isolated control
Eristetty kontrolli

△ *Delphacodes pellucida* from Laihia, in the area of damage
Viljakaskaat Laihialta tuhoalueelta

○ *Delphacodes pellucida* from Pälkäne, outside the area of damage
Viljakaskaat Pälkäneeltä tuhoalueen ulkopuolelta

● *Delphacodes pellucida* from Ylistaro, outside the areaof damage
Viljakaskaat Ylistarosta tuhoalueen ulkopuolelta

(cf. p. 17), it seemed that if *D. pellucida* is the cause of this damage at all it must injure more seriously in the area of damage than outside it.

The oat plots were isolated in cages before the sprouting of the oats and the leafhoppers were transferred to them during the time between 14th and 20th June, in each cage allotting 2—5 leafhoppers to a plant, and allowing them to suck the oats continually. The leafhoppers were collected from the main research locality in the commune of Laihia in the area of damage, and outside this area from another research locality in the commune of Ylistaro, about 35 km eastwards. The results of the experimental series are presented in Fig. 16.

In both leafhopper materials increase in the number of leafhoppers very noticeably affected the yield of oats, but the injuries they inflicted were very dissimilar when compared with each other. While 1.5—2 leafhoppers to a plant from the area of damage injured the plant so severely that there was no yield, the loss of yield caused by 5 outside leafhoppers was 84 per cent and by 1.5—2 outside leafhoppers 59 per cent (see the note on p. 23 below). A still more distinct difference is to be seen in the main height of the plants and in the percentages of shrivelled grains (Fig. 17). The oats injured by leafhoppers from the area of damage did not generally grow higher than 25 cm, whereas the leafhoppers collected outside the damaged area prevented the growth of length in oats less, and the main length was 60—73 cm (Fig. 18).

In experimental series 4 corresponding tests were performed to examine the damaging ability of leafhoppers collected from more remote district. The leafhoppers brought from the commune of Pälkäne, in South Häme, were put in isolation cages on 12th June, allowing one leafhopper to a plant. Leafhoppers from the main research locality in Laihia were put in the cages on 15th June, again one leafhopper to a plant. The results correspond with the results obtained from the foregoing experimental series. The yields of the isolated control oats were 2 831 kg/he and 3 262 kg/he (Orion III). The ratio of yield decreased to 23 per cent as a result of injury by the leafhoppers from the area of damage, but it only decreased to 72 per cent as a result of injury by the leafhoppers from the commune of Pälkäne. The corresponding differences were again to be seen in the growth of length in oats and in the amount per cent of shrivelled grains.

Why is it then that the leafhoppers belonging to the area of damage injure oats much more seriously than the leafhoppers outside that district? The investigations of the summer of 1956 and the experimental results give no answer to this, and not until continued studies are made can the problem be solved. At least the following possibilities exist:

1. There is a virus disease which overwinters in the leafhoppers *Delphacodes pellucida* and spreads with them. Larger or smaller numbers of the

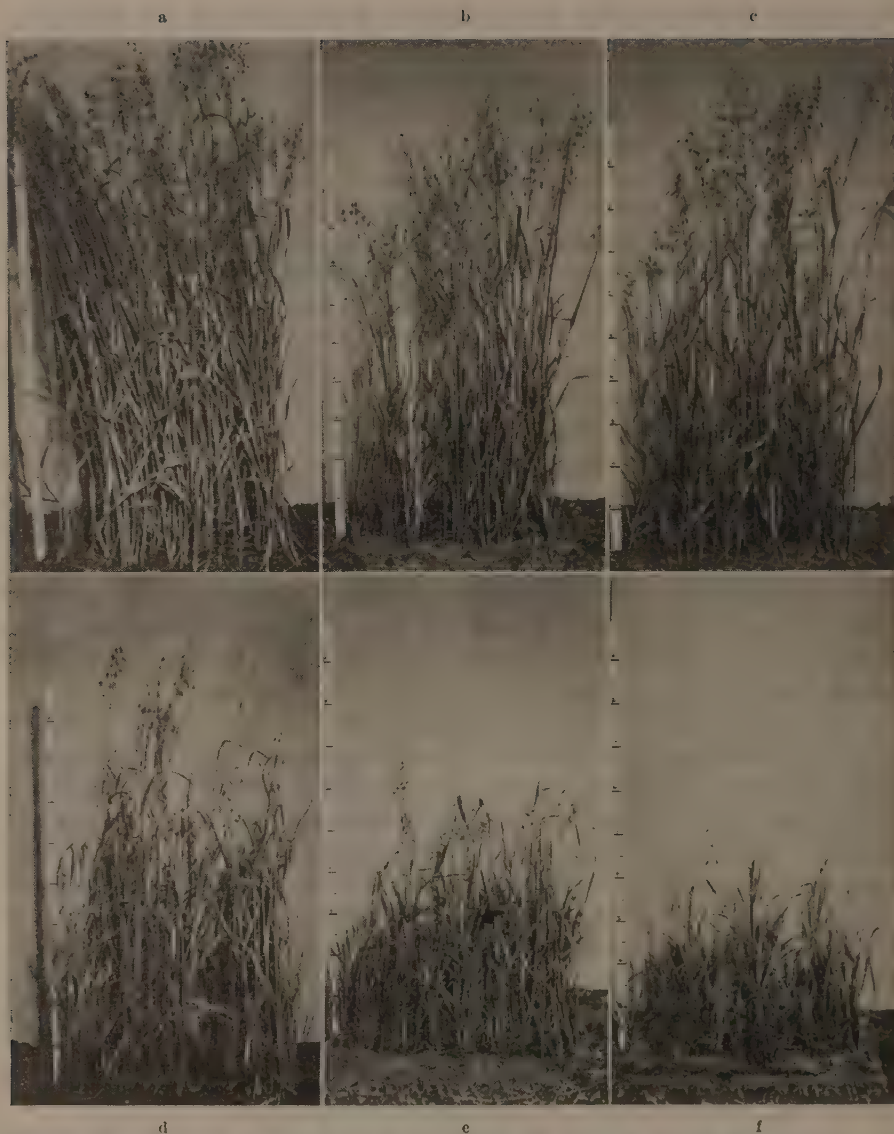


Fig. 18. The effects of the origin and number of the *Delphacodes pellucida* (F.) on the severity of the damage in Tammi oats. **a**: Isolated control (exp. ser. 1); **b**: Two leafhoppers per plant outside the area of damage (exp. ser. 3); **c**: Five leafhoppers per plant outside the area of damage (exp. ser. 3); **d**: One leafhopper per plant from the area of damage, the sucking-time began on 14th June (exp. ser. 1); **e**: Two leafhoppers per plant from the area of damage (exp. ser. 3); **f**: Five leafhoppers per plant from the area of damage (exp. ser. 3). Cf. Fig. 16. Laihia, 17th August 1956. Photo by O. Heikinheimo.

Kuva 18. Viljakaskasaineiston alkuperän ja kaskaiden määrän vaikutus Tammi-kaurassa esiintyvän vioituksen ankaruuteen; **a**: *eristetty kontrolli (koesarja 1);* **b**: *2 kaskasta kasvi tuhoalueen ulkopuolelta (koesarja 3);* **c**: *5 kaskasta/kasvi tuhoalueen ulkopuolelta (koesarja 3);* **d**: *1 kaskas kasvi tuhoalueelta, imentäaika alkoi 14. 6. (koesarja 1);* **e**: *2 kaskasta kasvi tuhoalueelta (koesarja 3);* **f**: *5 kaskasta/kasvi tuhoalueelta (koesarja 3). Vrt. kuva 16. Laihia, 17. 8. 1956. Valok. O. Heikinheimo.*

leafhoppers from the area of damage act asvirus vectors, whereas the leafhoppers outside the area of damage do not act as vectors, but the rather slight damage is caused only as a result of the toxic effect of enzymes in their saliva and by their sucking activity.

2. There are two leafhopper population strains which differ from each other in their genetic characters. One of these has salivary secretions which are more toxic to oats than the salivary secretions of the other population strain, or the secretions contain some toxic enzymes which are lacking in the other. The first mentioned population strain is spreading in the area of the less injurious leafhopper.

Which of these possibilities is right can be cleared up only as the result of long-term experiments.

v. ROSEN (1956) emphazises particularly the great significance of the co-operation of leafhopper and *Fusarium* species in the occurrence of damage. The observations made in Finland and the results obtained from experiments point out that the damage caused by leafhoppers in Finland is mainly due to the sucking of *D. pellucida.* In the isolation cage experiments, for example, the leafhoppers were allowed to suck the oats during a certain period, but their egg-laying was prevented by removing them. In spite of this, the oats were very seriously injured. Other observations indicate that fungus diseases occurred only in relatively few single oats.

Two widespread virus diseases, both of which with regard to their symptoms more or less resemble the damage to oats described above, are known in oats. One, zakuklivanie (pupation disease), is distributed in the middle and southern parts of Siberia (SUKHOV and VOVK 1938), and the other, oat red leaf (= barley yellow dwarf), is known in North America (TAKESHITA 1956) and is mentioned as having been noted also in the Netherlands (OSWALD and THUNG 1955). The vector of the former is *D. marginata* (F.) (SUKHOV and SUKHOVA 1940, SUKHOV and PETLYUK 1940), closely related to *D. pellucida.* The vectors of the latter are some aphids living on grasses. To examine whether one or the other of the virus diseases could be concerned, preliminary trials were carried out to establish the incubation and the required sucking-time. The crystals of the pupation disease (SUKHOV and VOVK 1938) were searched for microscopically. Although the incubation time is nearly the same as that of the viruses mentioned above, it seems that neither of the two virus diseases comes into question.

b. The ability of other leafhopper species and aphids to cause damage in oats

An account is already given above (p. 19) of the abundance of other leafhopper species in oat fields at the time when the factors affecting the occurrence of damage must have had their main effect on the appear-

ance of the symptoms in oats. To examine the significance of the leafhopper species mentioned as pests of oats, a series of trials was arranged in which the effect of the sucking of different leafhopper species and populations on oats were compared. Twenty oat plants were sown in flower pots of 6″ diameter, to which 40 leafhoppers (two leafhoppers to a plant) were transferred when the oats were in the 1—2 leaf stage. The pots were covered with gauze isolations and placed in fields in the main research locality in holes dug in the earth. An inspection was made about 8—9 weeks later. The results show that *D. pellucida* specimens collected from the damaged area injured oats considerably more seriously than the other leafhopper species: *Delphacodes sordidula* (Stål), *Criomorphus bicarinatus* (H. S.), *Doliotettix pallens* (Zett.) and *Diplocolenus abdominalis* (F.) although all of these species in the experiment were equally abundant per plant. The oats sucked by the leafhopper species mentioned above had grown equally well, regardless of whether the leafhoppers were collected from the area of damage or from outside it. The *D. pellucida* collected outside the area of damage injured the oats only relatively slightly in this experiment, too.

Because of their diminutive number and their relatively slight damaging ability, the other leafhopper species mentioned above have consequently hardly any significance at all in the injury of oats.

Aphids, the most common of which was *Rhopalosiphon padi* (L.), were also found in oat fields. Other species, *Sitobion avenae* (F.) and *Schizaphis* sp., were observed as well, although remarkably less. Aphids were also found to have appeared in certain isolation cages, mainly in the latter part of the summer, having got through the meshes in the screen.

The occurrence of *Rhopalosiphon padi* (L.) and *Sitobion avenae* (F.) in oat fields took place so late that they could not have caused the symptoms observed in oats. Nothing indicates that they had any part in the destruction of oats in the isolation cages or outside them.

8. The injury caused by Delphacodes pellucida in other spring cereals

When the leafhopper *D. pellucida* was seen to move in abundant masses on to barley, spring wheat and oat fields during the swarming period, there was reason to suspect that, when numerous enough, they could cause damage to barley and spring wheat, too. When no external signs of damage could be seen either in barley or in spring wheat in the main research locality, where the abundance of leafhoppers after the first swarming was one leafhopper to two plants, a comparative experiment was arranged at Tikkurila during the winter 1956—57, in which the concentration of leafhoppers was ten to a plant in barley and spring wheat. In this trial, the

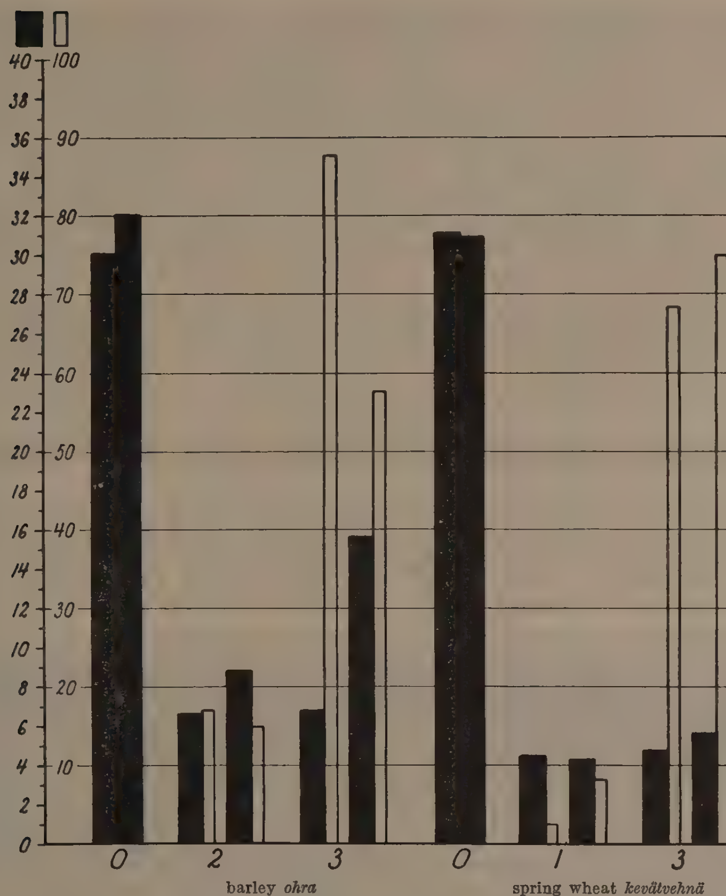


Fig. 19. The effect of abundant numbers of *Delphacodes pellucida* leafhoppers on the growth of length in barley and spring wheat and the dependence of the growth of length on the origin of *Delphacodes pellucida* material and on the mortality of the leafhoppers during the experiment. A laboratory test, time of experiment 4—5 weeks. 10 leafhoppers per plant, 10 plants, two replicates. The black columns indicate length of plants in cm, the white the number of living leafhoppers after 4—5 weeks.

Kuva 19. Runsaan viljakaskasmäärän vaikutus ohran ja kevätvehnän pituuskasvuun sekä pituuskasvun riippuvuus kaskasaineiston alkuperästä ja kaskaiden kuolleisuudesta kokeen aikana. Laboratoriokoe, koeaika 4—5 viikkoa, 10 viljakaskasta/kasvi, 10 kasvia, 2 kertausta. Mustat pylväät esittävät kasvien pituutta sm:nä, valkeat elossa olevien kaskaiden määrää 4—5 viikon kuluttua.

0 Isolated control
Eristetty kontrolli

1 Leafhoppers from oats at Laihia, in the area of damage
Kaskaat kaurasta Laihialta tuhoalueelta

2 Leafhoppers from barley at Laihia, in the area of damage
Kaskaat ohrasta Laihialta tuhoalueelta

3 Leafhoppers from oats at Ilmajoki, outside the area of damage
Kaskaat kaurasta Ilmajoelta tuhoalueen ulkopuolelta

great number of leafhoppers was sufficient to cause strong retardation in growth, and weakening of the plants (Fig. 19). In particular, spring wheat was damaged so seriously that after 4 weeks part of the plants died and the growth of others was completely stopped. A slight difference was to be seen in the damage caused by various leafhopper populations. The injury caused by *D. pellucida* collected outside the area of damage was a little slighter than that caused by the leafhoppers from the area of damage, although after 4 weeks many more of the original leafhoppers remained alive.

von Rosen (1956) has also given evidence that *D. pellucida* can be considered as a significant pest of wheat when it occurs abundantly, e. g., on the banks of fields.

9. On the possibilities in the control of the damage to oats

The observations made during the summers 1954—55 on the distribution of the damage to oats and the losses caused by it, indicated that damage of great importance was concerned, for which reason the investigations on the possibilities of control should be started as soon as possible. About the end of June—beginning of July 1955, the experiments regarding the destroying of *D. pellucida* around the town of Vaasa show, inter alia, that parathion effectively kills the leafhoppers, but the oats already damaged by them during the many weeks before the spraying gave a very poor yield, even in the fields where the prevention experiments were performed. In the spring of 1956, possibilities of controlling the damage to oats were examined simultaneously with the investigations on the causes of the damage, taking into consideration both the facilities for increasing the resistance of plants against damage and the means of aiming at direct control of leafhoppers, as a result of experiments.

To study the significance of soil type and its plant nutrient content, soil samples were gathered from about 40 oat fields used as experimental fields, and were analyzed. The soil type, pH, and the plant nutrient content did not seem in these cases to have any effect on the severity of the damage. Thus from two nearly destroyed experimental fields the following plant nutrient values, which had a very distinct deviation from each other, were obtained. Experimental field 1: pH 6.05 $CaCo_3$ 10.06 tn/he, K_{40} 2358.6 kg/he superphosphate 503.3 kg/he. Experimental field 2: pH 4.85, $CaCO_3$ 3.65 tn/he, K_{40} 325 kg/he and superphosphate 25 kg/he. The oats sown in the field, where the oats in the foregoing year had been severely damaged, gave healthy plants and a good yield when grown in isolation cages (cf. p. 20—23). Thus the source of the damage cannot originate from the soil.

Preliminary experiments with potassium superphosphate, granulous phosphate and trace element copper fertilizers have been made, but the results obtained from them do not give a clear conception of their reducing effect on the damage to oats spread by leafhoppers.

To illustrate the significance of the origin of the seed, oats (Orion III) obtained from a field seriously damaged during the previous year, was sown in the same experimental field as seed (Tammi) brought from a healthy district. Both the varieties contracted a severe disease under the attack of leafhoppers, whereas in the isolation cages healthy oats grew (cf. p. 27, Experimental series 4). Seed from diseased oats (Orion III) was also sown outside the area of damage and from it grew quite healthy oat specimens.

The significance of sowing-time in the prevention was preliminarily elucidated by three different comparative experiments on sowing-time. The normal (29th May) and late (12th June) sowings suffered seriously from damage, whereas the very late sowing (22nd June) was unattacked by leafhoppers, because it had not yet sprouted at the end of swarming time (Fig. 20). The last mentioned sowing did not have time to produce a seed yield, even in normal years. The damage caused by frit fly *(Osci-*



Fig. 20. Oat samples from the sowing-time experiment. On the left normal sowing-time (29th May), in the middle late sowing-time (12th June), and on the right very late sowing-time (22th June). Laihia, 17th August 1956. Photo by O. Heikinheimo.

Kuva 20. Kauranäytteet kylvöaikakokeesta. Vasemmalla normaali kylvöaika (29. 5.), keskellä myöhäinen (12. 6.) ja oikealla hyvin myöhäinen (22. 6.) kylvöaika. Laihia, 17. 8. 1956. Valok. O. Heikinheimo.

nella frit L.) was, on the other hand, most severe in the last sowing, on 16th July the percentage of damage in the different sowing-times being, according to the inspection, as follows: in the first sowing 24 per cent, in the second sowing 67 per cent, and in the third sowing 70 per cent. Consequently no practical results concerning prevention may be obtained by adjustment of the sowing-time.

Experiments to find varieties resistant to the damage were carried out with 23 of the most general oat varieties cultivated in our country, in a district where the damage was very severe (Fig. 10).[1]) The yield of early varieties varied from 53—168 kg/he and was 92 kg/he on an average. The later varieties, which suffered more from autumn frosts, gave hectare yields of 35—140 kg, the average being 82 kg. In the same experimental field the yield of healthy Tammi oats in isolation cages was 3 481 kg and of healthy Orion III oats 3 047 kg/he (cf. p. 20). Consequently in no variety was even the amount of seed originally sown (about 200 kg/he) gained as grain yield in the variety experiments, and the greatest difference between the various varieties was only 133 kg/he.

In the trials on plant species, barley gave relatively good yields in conditions where oats was seriously injured. In the variety experiments mentioned above, the yield per hectare obtained from early oats was 92 kg on an average, and the yield of early barley 821 kg/he, in spite of the pH of the experimental field being evidently unfavourable to barley (pH 5.0). For comparison, it may be mentioned that, according to Porse (1954), in the district of Swedish Bollnässjuka in the province of Kopparberg the average yield of Bambu oats was 890 kg/he and of Edda barley 2 600 kg/he during the years 1948—52. — *Delphacodes pellucida* may have significance also as a factor decreasing the yield of barley and spring wheat. Some observations and the results of the experiments referred on p. 30—32 indicate this.

Oats gave 16 per cent and barley 84 per cent of the (grain) weight of yield in the trial with seed mixtures, where the seed contained oats and barley in the ratio 1 : 1. In a part of the experiments mentioned above, treatments for control were carried out, in which the proportion of oats was 49 per cent and that of barley 51 per cent of the grain yield.

The effectiveness of chemical control substances on the leafhoppers was investigated both by laboratory and field experiments. The laboratory experiments proved that malathion and parathion dusts were already 100 per cent effective in 24 hours, whereas the early effect of DDT was slower and the final effect remained generally poorer than

[1]) The following varieties were used in the experiments: Kultasade II, Tammi, Orion III, Nip, Sisu, Sol II, Juha, Blixt, Blenda, Marne, Eho, Pendek, Rex, Ta 838, Ta 693, Ta 0146, Ta 344, Jo 0516, Jo 0601, Jo 0605, Jo 0606, Jo 0616, and Jo 0652.

the effect of the substances materials mentioned above. Parathion (33 per cent preparation 0.5 l/he) and malathion (50 per cent preparation 1 l/he) and methyldemeton (50 per cent preparation 1 l/he) used as sprays had an initial effect of 100 per cent in 24 hours. The effect of the two first mentioned substances remained nearly as effective for about 10 days and nights.

Field experiments were undertaken in 35 experimental localities in 5 communes. The distance between the most remote experimental localities was about 20 km. The size of the experimental fields varied from half to one hectare. At the beginning of the summer of 1956 the biology of *Delphacodes pellucida* was not known more accurately, for which reason the beginning-time of the control was determined by observing the starting of the swarming of leafhoppers in the main research locality in Laihia. The majority of the treatments were begun after 11th June, because then the first swarming was recorded (cf. p. 15). The treatments were carried out at intervals of 7—10 days and nights so that a part of the experiments had only one treatment, a part had two treatments, and a part three and even four treatments. It was observed that the swarming did not occur simultaneously in the different experimental localities (by the coast and inland), nor did it occur simultaneously under similar macroclimatic conditions, but was mainly dependent on microclimatic temperature and wind conditions (cf. p. 15). Later it was also established that some of the experiments had been started too late, whereas the treatments in other experiments were discontinued at too early a phase before the end of the swarmings in the districts in question. The results of control were also very variable. In all the experiments the treated experimental fields gave better yields than the untreated, the improvements varying from 23—73 per cent. The average yield per hectare from the treated areas was 1 251 kg and from the areas of control 921 kg. In the experiments the treated fields gave the best results, producing 600—1 000 kg better yields than the untreated ones.

The success in the control of *D. pellucida* is very exclusively dependent on the observations on the swarming of leafhoppers and on the immediate treatment for control, as in 48 hours leafhoppers can already cause a decrease in yield of about 20 per cent (cf. p. 23). To observe the beginning of the swarming of leafhoppers may, however, be difficult for farmers. Two to six treatments may be needed, depending on the weather conditions of the summer, and thus on the duration of swarming. Only two treatments may economically come into question.

In the performance of chemical control the effect of control substances on the natural enemies must also be considered, for the treatments can later even have an increasing effect on the leafhopper population. For

example, v. Rosen (1956) has reported as a result of laboratory experiments that MCPA and 2.4D, used as weed killers, effectively destroy the insect enemies of leafhoppers without much injuring the leafhoppers themselves. — Another possibility of chemical control is the simultaneous treatment of the autumn and spring biotopes of leafhoppers in wide areas. Its realisation requires considerable economic costs and for the present there is no experience of its success.

To some extent there are also experiences in controlling *D. pellucida* by technical means. Ploughing and harrowing destroy the majority of leafhoppers, a small number of them, however, remain alive and start at once to infest sprouting oats. Experiments in burning the straw and stubble have also been accomplished. The stubble of oats suffering from the damage and containing plenty of green basal shoots burns in the autumn badly, especially because the straw content of the infested oats is poor and therefore gives shelter to a majority of young nymphs. However, technical means can perhaps be used in combination with chemical methods to realize the total control of leafhoppers.

With crop rotational changes the possibilities of propagation in leafhoppers could possibly be reduced, for in the area of damage in Finland grass fields are generally established using oats or barley as cover crops. For the present there are not enough observations on the effects of rotation and fallows.

10. Summary

In the western coastal area in Finland oats has been attacked by severe damage since the year 1949. As a consequence of its continuous spreading, the cultivation of oats has now in wide regions become unprofitable. In the investigations, which on account of observations made in 1955 were concentrated on solving the significance of *Delphacodes pellucida* (F.), it has been revealed that this species is perhaps the sole cause and distributor of the damage to oats mentioned above.

The symptoms caused by *D. pellucida* in experiments on isolated oats were established to be similar in all ways to the damage to oats in the oat fields in the area of damage under observation. The discolouration of the leaves to a rusty yellow or bright purple from the tip of the 3rd—4th leaf in the second week of July, the strongly weakened and unequal growth of length and the development of a lot of basal shoots, particularly on mould soils, were established as symptoms of the damage to oats.

About 11 % of the oat cultivations in Finland were situated in the present area of damage, which corresponds to about 46 000 he. In a section, about 20 per cent of this district, oats is not cultivated any more at present,

whereas in some places the cultivation is still continued, at least for the present, although diminished. In this area the damage is becoming greater and is spreading to new districts, causing yearly a loss in yield amounting perhaps to about some milliard Finnish marks (approx. 1—2 milliards). Until recent years the damage kept more closely to the cultivations of the coastal area, where the cultivation of oats was less than in the inland cultivations bounding them. Since about the years 1954—55 it has spread greatly to communes inland. After some following years about a quarter of the Finnish oat cultivations may be threatened.

3/4 of the oats has been used as fodder. In the immediate future an ever increasing part of this quantity of fodder must be fulfilled in other ways.

The leafhopper fauna and the abundance of various leafhoppers were examined with a special apparatus working on the basis of the suction principle, by which it was possible to collect samples near to the surface of the ground, even in unfavourable conditions.

It was observed that *D. pellucida* hibernated mainly in the 3rd and 4th nymphal stage, emerged during June, and when the weather was warm and calm enough moved from the first-year timothy fields, where the overwintering mainly took place, swarming in great masses to the fields of cereals. The moment of the first swarming was decisive in regard to the severity and the incidence of the symptoms. The oviposition began at the beginning of July and the hatching of nymphs at the end of July. During a year one generation consequently developed.

Panstenon oxylus (Walk.), *Ahlbergiella aequa* (Walk.) and *Elenchus tenuicornis* (Kirby) were the most general of the natural enemies of *Delphacodes pellucida*. The other parasites to be considered were *Dicondylus lindbergi* (Heikinh.) and *Anagrus* sp.

D. pellucida was found both in the area of damage and outside it, occurring rather equally in abundance. In timothy fields in spring there were 7—23 million specimens per hectare and after swarming in oat fields 2—3 million specimens to one hectare.

The results obtained from the isolation cage experiments indicate clearly that by its sucking *D. pellucida* caused damage in oats, either directly or indirectly. Neither »oat red leaf» nor the virus disease of oats known by the name »zakuklivanie» seem to be concerned here. During the first swarming of leafhoppers the oat plants which were then in the 1—2 leaf stage were injured the most seriously — the older less — when the leafhoppers were allowed to suck for more than two weeks and there was at least one leafhopper to two plants. This was enough to cause so severe a damage to oats that their cultivation was no longer economically profitable, even in the best fields. Such an abundance of *D. pellucida* generally appeared in the oat fields in the area of damage.

D. pellucida, when very numerous, also caused the occurrence of injury in barley, and particularly in spring wheat. Other leafhopper species and aphids did not seem to have any significance as causes of damage to oats.

The conclusions concerning the control of leafhoppers presented here are generally based on experiments in one growing season, and are thus only directive in nature. The control of the damage to oats seems to be a rather many-sided problem. The experiments concerning soil type, fertilizing and sowing-time have, for the present, not given any positive results. The origin of the seed does not affect the severity of the damage. The finding of resistant varieties seems to be difficult. Breeding work may, however, produce possibilities regarding the development of a resistant oat. The technical means aiming at the decreasing of the leafhoppers are hardly sufficient and the protection of oat fields with chemicals is expensive and does not give good results under all conditions. The total and simultaneous destroying of leafhoppers in wide areas by the use of technical and chemical means is still uninvestigated. Its possible practical accomplishment is a problem in itself, which depends on the extent of the area of damage. It is uncertain whether further spreading of the damage to oats in other parts of the country could be prevented by means mentioned above. For the present, the only certain way seems to be to stop cultivating oats in the area of damage and replace this crop with barley, wheat etc., i. e., with plants which at least still give satisfactory yields.

References:

Kirjallisuutta:

Ahlberg, O. 1925. Zikaden-Parasiten unter den Strepsipteren und Hymenopteren. Medd. 287 Centr. anst. förs. jordbr. Ent. avd. 46: 79—86.

Etelä-Pohjanmaan maanviljelysseuran vuosikirja seuran 92. toimintavuodelta 1954. 51 p. Vaasa 1955.

Etelä-Pohjanmaan maanviljelysseuran vuosikirja seuran 93. toimintavuodelta 1955. 60 p. Vaasa 1956.

Hassan, A. I. 1939. The biology of some British Delphacidae (Homopt.) and their parasites with special reference to the Strepsiptera. Trans. R. Ent. Soc. London 89: 345—384.

Heikinheimo, Osmo 1956 a. Disk. in Erik Johansson: Bollnässjukan. Nord. jordbr. forskn. 38: 423.

Heikinheimo, Osmo 1956 b. Viljakaskas *Delphacodes pellucida* F. kaurantuhon aiheuttajana (*Delphacodes pellucida* F. als Verheerer von Hafer). Ann. Ent. fenn. 22: 184, 187.

Heikinheimo, Osmo 1957. *Dicondylus lindbergi* sp. n. (Hym., Dryinidae), a natural enemy of *Delphacodes pellucida* F. Ibid. 23: 77—85.

Johansson, Erik. 1956. Bollnässjukan. Nord. jordbr. forskn. 38: 420—424.

Johnson, C. G., Southwood, T. R. E. and Entwistle, H. 1955. A method for sampling Arthropods and Molluscs from herbage by suction. Nature 175: 559.

Johnson, C. G., Southwood, T. R. E. and Entwistle, H. M. 1957. A new Method for Extracting Arthropods and Molluscs from Grassland and Herbage with a Suction Apparatus. Bull. Ent. Res. 48: 211—218.

Oswald, J. W. and Thung, T. H. 1955. The barley yellow dwarf disease on cereal crops in The Netherlands. Phytopath. 45: 695.

Pernu, Aune. 1956. Tilasto- ja arviolukuja Suomen maataloudesta. Pellervon kalenteri 1957: 130—149. Helsinki.

Porse, Ö. 1954. Bollnässjukan — en följd av ensidig växtodling. Lantmannen 40: 885.

v. Rosen, H. 1956. Untersuchungen über drei auf Getreide vorkommende Erzwespen und über die Bedeutung, die zwei von ihnen als vertilger von Wiesenzirpeneiern haben. Kungl. Lantbrukshögsk. ann. 23: 1—72.

Sukhov, K. S. and Vovk, A. M. 1938. Mosaic of cultivated cereals and how it is communicated in nature. C. R. de l'Acad. Sci. URSS 20: 745—748.

Sukhov, K. S. and Sukhova, M. N. 1940. Interrelations between the virus of a new grain mosaic disease (zakuklivanie) and its carrier *Delphax striatella* Fallen. Ibid. 26: 479—482.

SUKHOV, K. S. and PETLUYK, P. T. 1940. *Delphax striatella* Fallen as vector of the virus disease zakuklivanie in grains. Ibid. 26: 483—486.

TAKESHITA, R. M. 1956. Identity of the oat red-leaf virus with the barley yellow-dwarf virus. Phytopath. 46: 436—440.

TULLGREN, A. 1925. Om dvärgstriten *Cicadula sexnotata* och några andra ekonomiskt viktiga stritar. Medd. 287 Centr. anst. förs. jordbr. Ent. avd. 46: 1—87. Stockholm.

Yleinen maatalouslaskenta v. 1950. II. Suomen virallinen tilasto 1954, 3: 1—135. Helsinki.

This Publication is to be had abroad from the Library of the Agricultural Research Centre, Tikkurila, Finland.

Selostus:

Viljakaskas kaurantuhon aiheuttajana ja levittäjänä Suomessa

Veikko Kanervo, Osmo Heikinheimo, Mikko Raatikainen ja Aulis Tinnilä

Maatalouden tutkimuskeskus, tuhoeläintutkimuslaitos Tikkurila

Sisällys

1. Johdanto

Suomen läntisellä rannikkoalueella, etenkin Etelä-Pohjanmaalla, on muutamien viime vuosien aikana kauraa kohdannut ankara tuho, jonka takia kauran viljely on laajoilla alueilla käynyt aivan kannattamattomaksi. Tuhoeläintutkimuslaitos aloitti tämän tuhon syiden selvittämisen v. 1955. Mainittuna vuonna suoritetuissa orientoivissa tutkimuksissa, joita hoitamassa oli nuorempi tutkija maisteri Katri Tiittanen, kävi selville, että kysymyksessä oli ainakin Suomessa entuudestaan tuntematon tuho, johon todennäköisesti viljakaskaalla (*Delphacodes pellucida* F.), tuhoalueella ylivoimaisesti runsaimpana esiintyvällä lajilla, oli tärkeä osuutensa.

Tämän takia kiinnitettiin v. 1956 tutkimuksissa huomio pääasiallisesti viljakaskaaseen. Tähän antoivat osaltaan aihetta myös mm. TULLGRENin (1925) aikoinaan Ruotsissa tästä lajista tekemät havainnot sekä muiden kaskaslajien merkityksestä viljakasvien tuholaisina eri maissa tehdyt tutkimukset. Tutkimustyöt suoritettiin Etelä-Pohjanmaalla keskuspaikkana tuhoalueelle Laihian kuntaan v. 1956 perustettu kenttälaboratorio, jonka johtajana toimi vanhempi tutkija maist. Osmo Heikinheimo sekä muina tutkijoina maist. Mikko Raatikainen ja maist. Aulis Tinnilä. Tutkimusten valvojana on kumpanakin vuonna toiminut prof. Veikko Kanervo.

Vastaavanlaista tuhoa esiintyy kaurassa myös laajoilla alueilla Ruotsissa, missä sille on annettu nimi »bollnässjukan». Siellä on viime vuosina suoritetuissa tutkimuksissa (JOHANSSON 1956) päädytty siihen, että tuhon pääasiallisena aiheuttajana olisi valkotähkäpunkki *Siteroptes (Pediculopsis) graminum* (E. Reut.) ja että tuhoon osallistuisivat monet muut lajit, mm. myös viljakaskas (vert. myös VON ROSEN 1956). Viimeksi mainitun lajin osuutta ei siellä ole kuitenkaan osoitettu sen laatuiseksi, kuin se meidän tutkimuksissamme on todettu. Lisäksi on pantava merkille, että *Siteroptes graminumia* tavattiin tuhoalueella Suomessa vain hyvin vähälukuisena.

Suomessa nyt suoritettujen tutkimusten yhteydessä on käynyt selville, että viljakaskas on tämän kaurantuhon pääasiallinen ja ehkäpä ainoa aiheuttaja ja levittäjä. Kaurassa on luonnollisesti todettu lukuisien muidenkin tuholaisten aiheuttamaa tuhoa, mutta niitä ei tässä tarkemmin selosteta, koska niillä ei tutkimusten mukaan ole ollut mainittavaa merkitystä sen tuhon, ns. kaurantuhon, aiheuttamisessa ja levittämisessä, jota koskevien tähänastisten tutkimusten edeltävä osa tässä julkaistaan.

Tutkimustyötä ovat avustaneet monet yksityiset ja yhteisöt. Laihian kunta luovutti kenttälaboratorion käyttöön Hulmin vanhan reserviläiskasarmin, maanviljelijä Väinö Rapila antoi käytettäväksi koekenttäalueen, monet muut viljelijät luovuttivat auliisti kauramaitaan torjuntakokeita varten, eräät pankit ja toiminimet kustansivat valtaosan koemaiden kauransiemenestä sekä osan matkoista ja kasvinsuojeluliikkeet pääosan kokeissa käytetyistä torjunta-aineista. Näille kaikille esitämme parhaat kiitoksemme suuriarvoisesta avusta. Samoin lausumme kiitoksemme maist. R. Linnavuorelle ja tri P. Kontkaselle, jotka määrittivät osan kaskasaineistosta, sekä myös tutkimus- ja kenttäapulaisina olleille henkilöille. Maist. S. Nuorvalaa kiitämme julkaisun kääntämisestä englanninkielelle sekä neiti Helen M. Turnbullia englanninkielen tarkastuksesta.

2. Kaurantuhon symptomit

Vuoden 1956 aikana tutkittiin kaurantuhon symptomeja eri-ikäisessä kaurassa sekä tutkimuspaikoissa että lukuisilla yksityisviljelmillä eri maalajeissa. Kokeissa, etenkin eristyshäkeissä kasvanutta kauraa, jota viljakaskaiden annettiin eriasteisesti vioittaa (ks. s. 49—51), verrattiin häkkien ympärillä kasvaneeseen kauraan, jossa kaurantuhon symptomit olivat selvästi todettavissa. Voitiin havaita, että kaikki viljakaskaan kokeissa aikaansaamat kauran sairastumissymptomit olivat samankaltaisia kuin kentällä todetussa kaurantuhossa.

Ensimmäiset tuhon merkit todettiin heinäkuun alussa n. 3 viikkoa kauran orastumisen jälkeen kauran ollessa 4—5-lehtiasteella. Ensimmäisenä merkkinä oli pituuskasvun heikkeneminen (kuva 2). Kokeissa voitiin havaita pituuseroja terveisiin kauroihin verrattuna jo n. viikon kuluttua viljakaskaiden imennän alkamisesta. Myöhemmin oli viljakaskaiden aiheuttama pituuskasvun heikkeneminen hyvin huomattavaa (vrt. kuvat 12—16).

Heinäkuun toisella viikolla, n. 1 kuukausi kaskaiden ilmaantumisesta kauramaahan, alkoi kauran lehdissä tapahtua selviä värinmuutoksia. Värityksen muuttuminen alkoi 4. tai 5. lehden kärjestä ja levisi tyveen päin ja uusiin lehtiin, sitä mukaa kuin ne kasvoivat esiin. Jo tätä ennen oli alin lehti usein värittynyt, jollaista tapahtuu usein kaurassa muutenkin. Kauran lehdet muuttuivat viiruisen tai laikullisen kellanruskeiksi. Happamilla kivennäismailla oli huomattava osa kellanruskeista lehdistä saanut kirkkaanpunaisen antosyaanivärityksen, jonka alle kellanruskea väri tällöin peittyi. Myös lehtitupet saattoivat olla kellanruskeat tai punertavat. Väri vaihteli yleensä sangen paljon. Siihen vaikuttivat ilmeisesti eräät edafiset tekijät. Lievästi vioittuneen kauran väri ei ollut muuttunut tai värinmuutos oli enemmän tai vähemmän epäselvää, vaikka muut symptomit olivatkin selviä.

Tuhon muut symptomit tulivat näkyviin kauran röyhylletulon aikana. Silmäänpistävin näistä oli kauramaan vierekkäistenkin kasvien hyvin epätasainen pituuskasvu (kuva 3). Lyhimpiin, 10—25 cm:n mittaisiin kauroihin ei kehittynyt lainkaan röyhyä, vähän pitemmissä (25—50 cm:n mittaisissa) röyhy jäi enemmän tai vähemmän tupen sisään ja sitä isommissa se tuli osaksi tai kokonaan näkyviin. Vain siinä tapauksessa, että kasvit olivat lähes normaalin mittaisia ja röyhy oli selvästi esillä tupesta, kehittyi osa jyvistä täysimittaiseksi. Tuhoutuneen kauran kaleet olivat vaaleat tai punertavan kirjavat ennen kauran tuleentumisen alkamista.

Kauran röyhylletulon aikana ilmaantui sairastuneeseen kasviin myös runsaasti tyviversoja, jotka olivat 1—6 cm:n mittaisia (vert. kuvat 14 ja 15 s. 24), lehtilavattomia tai lehtilavoiltaan lyhyitä, 1—3 cm:n mittaisia. Sivuversojen lukumäärä vaihteli hyvin paljon maalajin ja ravinnepitoisuuden mukaan, typpirikkaissa multamaissa niitä oli eniten, laihoissa kivennäismaissa vähiten. Kun multamaassa terveisiin kasvoi 0—2 sivuversoa, saattoi sairastuneessa kasvissa niiden lisäksi olla toistakymmentä, tavallisesti 5—6 tyviversoa. Typpiköyhissä kivennäismaissa terve kaura oli haaraton, mutta sairastuneeseen saattoi kehittyä 1—2 tyviversoa.

3. Kaurantuhon levinneisyys ja leviämisnopeus

Kaurantuhon levinneisyyden selvittämiseksi suoritettiin elo—syyskuun vaihteessa v. 1956 tuhoalueen kartoitus. Tutkittu alue käsitti noin 35—70 km leveän vyöhykkeen Pohjanlahden rannikolla Turusta Oulun eteläpuolella olevaan Siikajoen kuntaan saakka. Yhteensä tarkastettiin 707 kauramaata, jotka sijaitsivat

autoteiden varsilla. Tuhoa esiintyi verraten yhtenäisellä alueella (kuva 4) 337 kauramaassa. 56:sta ei kyetty ratkaisemaan tuhon esiintymistä tai puuttumista. Tuhoalueen pituus on noin 400 km ulottuen Lokalahden kunnasta Himangan kuntaan. Tuhoalueen leveys on mantereella noin 10—60 km. Alueen äärikoordinaatit ovat siis noin 60°45′ ja 64°5′ pohj. leveyttä sekä 21°5′ ja 24° itäistä pituutta. Tuhoa todettiin 67 kunnan alueella.

Kaurantuhon esiintymiselle on luonteenomaista rannikon suuntainen vyöhykkeisyys. Tuhoalueen lähinnä rannikkoa olevassa osassa tuhoprosentti on yleensä 40—100. Tältä alueelta ei tavattu ainoatakaan kauramaata, jossa tuhoa ei esiintynyt. Paikoin esiintyy useiden kuntien suuruisia tuhokeskuksia. Kaikkialla on tuhon voimakkuudessa jonkin verran vaihtelua läheistenkin viljelysten kesken.

20—40 %:n tuhovyöhyke on erittäin kapea, minkä johdosta sitä ei ole esitetty kartakkeessa kaikkialla itsenäisenä. Sen ulkopuolella, sisämaahan rajoittuvassa osassa, on noin 20 km:n levyinen vyöhyke, jolla tuhon voimakkuus on yleensä alle 20 %. Tuho näyttää esiintyvän pisimmällä sisämaassa jokien välisillä pienehköillä suoviljelyksillä, joilla viljellään etupäässä vain timoteita ja kauraa. Jokien varsilla olevilla intensiivisesti viljellyillä, laajoilla aukeilla tuho ei ulotu yhtä etäälle sisämaahan.

Kaurantuhon laajuuden ja alkamisen selvillesaamiseksi suoritettiin lisäksi viljelijöiden keskuudessa laajahko (n. 10 000 kpl käsittävä) kirjeellinen kysely. Saatujen vastausten perusteella laaditusta kartakkeesta (kuva 5) ilmenee, että tuho on alkanut Pohjanlahden rannikon lähellä olevilta viljelyksiltä noin vuonna 1949. Tuho on saattanut alkaa useastakin kohtaa rannikkoa, joskaan siitä ei ole varmoja todisteita. Niin ikään on ilmeistä, että tuhoa on saattanut ilmetä lievempänä jo joitakin vuosia aikaisemmin, mutta se ei ole silloin vielä herättänyt huomiota. Tuhon on todettu leviävän vuosittain sisämaahan (itään) päin keskimäärin lähes 10 km.

Tämän yhtenäisen tuhoalueen välittömässä läheisyydessä kaura on jatkuvasti menestynyt hyvin.

4. Tuhon seuraukset kauranviljelyn kannalta

Nykyisellä läntisen rannikon tuhoalueella sijaitsi v. 1950 noin 11 % Suomen kauraviljelyksistä. Tuhon johdosta kauranviljely oli vuonna 1956 jokseenkin kokonaan lopetettu ainakin noin 65 000 peltohehtaaria käsittävältä alueelta, millä v. 1950 viljeltiin kauraa lähes 9 000 ha:lla. Tämän alueen ulkopuolelle jää laaja vyöhyke, jolla v. 1950 viljeltiin kauraa noin 37 000 ha:lla, mutta jolla nykyään kauranviljely on tuhon takia suuresti vähentynyt. Lukuisat tuhoalueen keski- ja reunaosien viljelijät kylvävät vuosittain kauraa, mutta tuhon voimistuessa ja laajetessa sato jää vähäiseksi. Vuosittain tuhon voimakkuus vaihtelee melkoisesti samallakin paikalla. Pahimmin tuhoutuneilla viljelyksillä jätetään kaura kannattamattomana kokonaan korjaamatta ja seuraavana vuonna sitä tuskin enää kylvetään lainkaan. — Tuhoutuneen kauran arvo olisi ollut esim. Etelä-Pohjanmaan tärkeimmällä kauranviljelyalueella (Vähäkyrön, Laihian ja Isokyrön kunnissa) pyydettyjen arvioiden mukaan v. 1954 yli 10 milj. markkaa, mutta v. 1955 jo noin 42.5 milj. markkaa (2 124 000 kg). Läheskään kaikki vahinkoa kärsineet viljelijät eivät olleet pyytäneet arvioimista (Etelä-Pohjanmaan maanviljelysseuran vuosikirja 1954, s. 4 ja 1955, s. 5), joten satotappiot ovat todellisuudessa olleet ilmoitettuja arvoja suurempia. Vuonna 1955 koko läntisen rannikkoseudun kaurantuhoalueella menetetyn kaurasadon arvo oli arviolaskelmien mukaan 1—2 miljardia markkaa.

Tuhon välttämiseksi on tapahtunut siirtymistä etenkin ohran viljelyyn, mutta koska se on arempaa maan happamuudelle kuin kaura, sen viljely ei onnistu kaikilla entisillä kauranviljelymailla.

Mikäli ei nopeasti aikaansaada tehokkaita keinoja tuhon torjumiseksi ja sen leviämisen ehkäisemiseksi, saattaa tuho levitä laajoille alueille ja vähitellen uhata koko maamme kauranviljelyä. Mitä tämä merkitsee, on pääteltävissä tarkastelemalla, kuinka huomattava viljelykasvi kaura Suomessa on. — Yleisen maatalouslaskennan mukaan kauran viljelyala oli Suomessa v. 1950 yli 2 ha:n viljelmillä 418 830 ha, mikä on 18.1 % vastaavien viljelmien koko peltoalasta ja 49.2 % viljakasvien koko viljelyalasta. Kaura on siis Suomen enimmin viljelty viljakasvi. Kuva 6 osoittaa kunnittain kauran viljelyalan osuutta viljelmien koko peltoalasta. Siitä ilmenee, että kauran viljely on keskittynyt 62. leveyspiirin eteläpuoleisille viljelyksille sekä Etelä-Pohjanmaalle. On näin ollen pantava merkille, että nykyinen tuhoalue sijaitsee Suomen runsaspeltoisimman ja kauravaltaisimman alueen länsireunassa, minkä johdosta valtaosat maan kauraviljelyksistä saattavat pian olla uhattuina.

Kaura on Suomen tärkein rehuvilja. Kirjanpitovuonna 1. 7. 1954—30. 6. 1955 kaurasadosta käytettiin rehuksi 73.5 %, siemeneksi 12.7 % ja ihmisravinnoksi 6.9 % ja maatalouden ja liikkeiden painohäviöksi jäi 6.9 % (Pernu 1956, s. 138; alkuperäisluvut muutettu prosenteiksi). Tuhoalueella tuottaa jo nyt huomattavia vaikeuksia etenkin karjatalouden ja myös koko maatalouden hoitamiselle kauran jääminen pois viljelyskasvien joukosta. Koko maata ajatellen saattaa tilanne muodostua vielä pahemmaksi.

5. Viljakaskaan biologia

a. Tutkimusaineisto ja -menetelmät

Vuosi 1956 oli lämpösuhteiltaan sangen paljon normaalista poikkeava. Kevään tulo oli 2—3 viikkoa normaalista myöhässä ja kesä tavallista koleampi. Näissä olosuhteissa eri biologisten tapahtumien aikamääristä saatuihin tuloksiin on siis suhtauduttava tietyin varauksin. — Pääosa biologisista tutkimuksista suoritettiin päätutkimusalueella n. 25 km Vaasan kaupungista itään Laihian kunnan Kuppaarlan kylässä, jossa sijaitsivat myös lajike- ja eristyshäkkikokeet. Muut tutkimusalueet sijaitsivat naapurikuntien alueella sekä tuhoalueen ulkopuolella sen välittömässä läheisyydessä Ylistaron kunnassa, joka sijaitsee n. 60 km Vaasan kaupungista itään.

Merkittävimmän osan kaskaan biologiaa koskevasta tutkimusaineistosta muodostivat ns. imunäytteet. Imunäytteiden ottoon käytettiin itse konstruoitua bentsiinimoottorikäyttöistä imulaitetta. Siihen oli näytteiden ottoa varten liitetty peltilieriöön sijoitettuna nailonkankainen näytepussi sekä pölynimurin letku putkineen. Näytettä otettaessa painettiin näytealalle 36 cm korkea peltilieriö, jonka rajoittamaa 0.086 m^2:n suuruista aluetta imettiin kahden minuutin ajan. Laite, jonka toimintaperiaatetta jo aikaisemminkin on käytetty kenttätutkimuksissa (Johnsson, Southwood ja Entwistle 1955 ja 1957), toimi sangen tehokkaasti. Kahden minuutin imentäaika osoittautui yleensä riittäväksi, mutta hyvin tiheässä tai korkeassa kasvustossa imentäaikaa oli tarpeen pidentää kolmeksi minuutiksi. Tällä menetelmällä todettiin päästävän käyttökelpoiseen kvantitatiiviseen tarkkuuteen. Myöhemmin tullaan toisessa yhteydessä tarkemmin selostamaan imulaitteen käyttöä.

Imunäytteiden lisäksi otettiin haavintanäytesarjoja, mutta nuoresta orasmaasta samoin kuin pitkäksi kasvaneen viljan alemmista kerroksista näytteiden otto oli mahdollista vain imulaitteella.

b. Talvehtiminen

Keski-Ruotsissa viljakaskaan talvehtimisen sanotaan tapahtuvan pääasiallisesti 2. ja 3. toukka-asteella (TULLGREN 1925, v. ROSÉN 1956) ja Englannissa 4.—5. asteella (HASSAN 1939). Myöhään syksyllä ja varhain keväällä tutkimusalueilta otettuja imunäytteitä toisiinsa vertaamalla voitiin todeta, että viljakaskas talvehtii meillä 3. ja 4. toukka-asteella. Varhain keväällä 1956 4. asteen toukkia oli vähän enemmän kuin nuorempia yhteensä. Syksyn 1956 näytteissä 3. asteen toukkia oli eniten eli n. 40—50 % ja 4. asteen toukkia n. 10—20 %. Myös 1. ja 2. asteen toukkia tavattiin keväällä talvehtineina, joskin verraten vähälukuisina.

Toukat näyttävät viettävän kylmän vuodenajan pellossa maan pintaosissa. Laihialla ja Ylistarossa, missä 50 % maanpinnasta oli paljastunut lumesta 24—26. 4., havaittiin 3—5. 5. toukkien olevan liikkeellä heti, kun lämpötila oli n. 10° C.

c. Aikuistuminen

Tutkimusalueilla todettiin aikuistumisen alkaneen v. 1956 toukokuun lopussa. Lämpimien ja koleiden ajanjaksojen vaihdellessa todettiin toukkien kasvamisen ja aikuistumisen miltei pysähtyvän kolean sään ajaksi ja toisaalta edistyvän ripeästi lämpötilan ollessa verraten korkea. Ensimmäinen aikuinen tavattiin 30. 5. Aikuistuminen vilkastui kesäkuun 5. päivän jälkeen, jolloin sää lämpeni voimakkaasti. N. 10—15. 6. oli yli puolet viljakaskaista jo aikuistunut. Viimeisen asteen toukkia tavattiin vielä 25. 6., joten aikuistuminen lienee päättynyt kesä—heinäkuun vaihteessa.

d. Parveilu ja ravintokasvit

Kevätviljan käyttäminen heinänurmen suojaviljana näyttää tarjoavan viljakaskaan lisääntymiselle erityisen suotuisat olosuhteet. Suojaviljassa kasvaneessa timoteissa olevat toukat eivät tuhoudu kynnön eivätkä muokkauksen vaikutuksesta kuten kevätviljamaissa olevat. Voidakseen vuosittain muuttaa munintakasveilleen aikuiset viljakaskaat siirtyvät timoteimaasta viljamaihin. Tätä siirtymistä tutkittaessa on todettu, että se tapahtuu vain tietynlaisilla säillä, jolloin kaskaat suurin joukoin nousevat lentoon sekä kulkeutuvat ja hakeutuvat viljakasveille. Tällä seikalla on mitä suurin merkitys kaurantuhon alkamisen, leviämisen ja torjuntamahdollisuuksien kannalta (vrt. s. 54). Esim. 11. 6. klo 15 aikaan, jolloin ensimmäinen parveilu päätutkimusalueella todettiin, ilman lämpötila oli parveilun aikana yli 27° C ja maan pinnan 30° C sekä tuulen voimakkuus n. 0—3 beauf. Ennen parveilun alkua oli aikuistuneiden määrä timoteimaassa päätutkimusalueella 71 %. Parveilu päättyi auringon laskiessa ja ilman viiletessä klo 21.30:een mennessä. Parveilun tuloksena todettiin kauramaasta, jossa kaura oli nuorella orasasteella (1—2-lehtiasteella), keskimäärin noin 200 kaskasta neliömetriltä.

Parveilun syntymisen edellytyksenä näyttää siis olevan, että lämpötila on korkea ja tuulen voimakkuus pienempi kuin arviolta 3 beauf. Voitiin näet havaita, että jos tuulen voimakkuus kasvoi suuremmaksi, kaskaat eivät nousseet lentoon.

Viljakaskas osoittautui hitaaksi lentäjäksi, jonka lentotapa melko paljon muistutti kirvojen lentoa. Heikkokin ilmavirta tempasi mukaansa kaskaat, jotka sitten kulkeutuivat tuulen mukana. Lentokorkeutta tutkittaessa tavattiin kaskaita 4 m:n korkeudesta miltei yhtä runsaasti kuin 1 m:n korkeudesta. Vielä 6 m:n korkeudesta todettiin kaskaita. Lentokorkeuden tutkimiseen käytettiin pyöritettävää haavintalaitetta, jossa haavipussit sijaitsivat 1, 2.5 ja 4 m:n korkeudessa. Parveilun aikana voitiin seurata yksittäisten kaskaiden lentoa vain 0.5 km:n verran. On ilmeistä, että kaskaat saattavat tuulen kuljettamina tehdä useiden kilometrien pituisia lento-

matkoja. Tämä selittää ehkä tuhon nopean leviämisen uusille alueille. Näyttää siltä, että vaikka osa kaskaista ylittäisikin metsäalueita, keskeyttää huomattava osa niistä parveilunsa kohdatessaan metsänreunan. Tästä ilmeisesti johtuukin, että kaikissa tapauksissa, joissa kauramaa on rajoittunut yhdeltä sivultaan metsän reunaan, tuhon todettiin olleen ankarinta n. 10—30 m:n päässä metsänreunasta.

Viljakaskaiden parveilu tapahtui useammassa kuin yhdessä erässä. 11. 6., jolloin suurin osa kaskaista parveili päätutkimusalueella, oli huomattava määrä kaskaita vielä 5. toukka-asteella. Pääosa näistä toukista aikuistui kesäkuun 22. päivään mennessä, jolloin uudelleen oli lämmin sää ja tuuli heikentyi alle 3 beauf:n. Tällöin kaskaat parveilivat jälleen. Seuraavat päivät 23. ja 24. 6. olivat samanlaisia ja parveilu jatkui.

Parveiluajanjakson jälkeen voitiin todeta, että miltei kaikki parveilukykyiset viljakaskaat olivat poistuneet timoteimaasta. Tehdyt havainnot osoittivat, että parveilu tapahtui eri paikkakunnilla hieman eri aikoina. Rannikon läheisyydessä aikuistuminen ja parveilu olivat myöhässä verrattuna 20—50 km:n päässä sisämaahan päin oleviin havaintopaikkoihin. Niinpä vielä 14. 6. rannikon läheisyydessä sijaitsevat kauramaat olivat vailla viljakaskaita. Paikallisilla pienilmastollisilla tekijöillä on nähtävästi myös ollut huomattava vaikutus parveiluaikoihin.

e. Munint a

Parveilun jälkeen havaittiin, että tavallisesti useampia kaskaita asettui aivan lähelle toisiaan. Kopulointia ei havaittu, mutta se lienee tapahtunut parveilun jälkeen ennen muninta-ajan alkamista.

Ensimmäiset munaryhmät todettiin kesä—heinäkuun vaihteessa. Munintaa jatkui vielä elokuulla, mutta se heikentyi vähitellen sään viilentyessä ja munivien naaraiden vähentyessä. Viljakaskaat munivat mielellään kaikkiin kevätviljoihin. Kauran, ohran ja kevätvehnän seosviljassa oli eniten munia ohrassa. Myös rukiista, juolahvehnästä ja timoteista tavattiin munia. Pääosa munaryhmistä sijaitsi korren keskimmäisten nivelvälien yläosissa. Suurin osa munista oli munittu suoraan korren sisään (kuva 7), osa niistä lehtitupen läpi. Tavattiin myös vinottain lehtituppeen munittuja munaryhmiä (kuva 6), harvoin samaan tapaan lehtilapaan munittuja.

Munaryhmissä olevien munien määrä vaihteli melkoisesti. Poikkeuksellisella tavalla munitut ryhmät olivat munamäärältään pieniä, 1—10 kpl kussakin. Suoraan korteen munituissa ryhmissä oli tavallisesti 5—30 munaa.

f. Nuorten toukkien esiintyminen

Ensimmäiset kuoriutuneet toukat tavattiin heinäkuun lopussa. Tämän jälkeen toukkien kuoriutumista jatkui syyskuulle asti, koskapa vielä lokakuun aikana otetut imunäytteet sisälsivät huomattavan määrän 1. asteen toukkia. Nuoret toukat oleskelivat pääasiallisesti lähellä maan pintaa, kaurassa mieluimmin tuoreissa tyviversoissa ja yleensä korren alaosissa. Viljan korjuun jälkeen toukkien käytettävissä oli tyviversojen ohella myös nuorta timoteita, joka seuraavana keväänä oli niiden tärkeimpänä ravinnon lähteenä.

g. Runsauden vaihtelu ja luontaiset viholliset

Vaikka kultakin näytealalta otettujen kvantitatiivisten näytteiden lukumäärä jäi pieneksi, olivat kaskaiden eri kehitysasteiden ja eri kaskaslajien väliset runsaussuhteiden muutokset selvästi todettavissa. Imunäytteiden antamia tuloksia

voidaan pitää kvantitatiivisesti ja kvalitatiivisesti sangen luotettavina, sillä toistetut näytteet ja tarkat havainnot antoivat yhtäpitäviä tuloksia. Tällä menetelmällä voitiin todeta, että viljakaskaan toukkia oli koemaissa keväällä ensimmäisen vuoden timoteinurmessa 7—23 milj. yksilöä hehtaaria kohden. Samaa suuruusluokkaa olevat kaskaan tiheysarvot saatiin sekä tuhoalueelta Laihian kunnasta ym. että tuhoalueen ulkopuolelta Ylistaron kunnasta. Yksittäisten tutkimuspaikkojen välillä oli havaittavissa melkoista vaihtelua.

Kaskaan toukkien määrä väheni nopeasti kevään ja alkukesän kuluessa niin, että aikuistumisajan alkuvaiheessa niiden määrä oli laskenut esim. päätutkimusalueella 23 miljoonasta 8 miljoonaan hehtaaria kohden. Aikuisten kaskaiden määräksi todettiin kolme vrk ensimmäisen parveilun jälkeen päätutkimusalueella 2 milj. kpl/ha eli lähes yksi kaskas kahta kasvia kohden, kun kauroja oli keskimäärin 460 kpl/m². Samaan aikaan todettiin kahdessa muussa tutkimuspaikassa kaskastiheydeksi kauran oraissa 2 ja 3 milj. kpl/ha.

Toisen parveilun aikana kasvoi kauran oraissa olevien kaskaiden lukumäärä jonkin verran. Parveilujen jälkeen oli kauramaiden aikuisten kaskaiden lukumäärässä vallalla verraten jyrkkä laskusuunta.

Eräillä lois- ja petohyönteisillä on oma osuutensa kaskaan runsausvaihtelussa. Tutkimusalueilla voitiin todeta niiden esiintyneen hyvin runsaslukuisina, ja niillä on selvästi ollut tärkeä merkitys toisaalta aikuisten kaskaiden muninnan ehkäisijöinä, toisaalta munien tuhoojina. Samoin kuin Ruotsissa (v. Rosen 1956) olivat meilläkin tutkimusalueilla hyvin yleisiä viljankorsissa tavattavat *Ahlbergiella aequa* (Walk.) ja *Panstenon oxylus* (Walk.)-lajien toukat. Tutkituista kaskaan munia sisältäneistä korsista yli 3/4:ssa oli yksi tai joskus kaksikin pistiäistoukkaa, jotka olivat tuhonneet suurimman osan korsien sisältämistä munista syömällä ne osittain tai kokonaan. Aikuisten kaskaiden muninnan ehkäisijöistä oli yleisin ja merkittävin kierresiipisiin kuuluva *Elenchus tenuicornis* (Kirby). Parveilleista aikuisista kaskaista tavattiin päätutkimusalueella sen loisimia jopa 65—70 % (kuva 8). Muillakin tutkimusalueilla oli loisittujen aikuisten kaskaiden määrä huomattavan suuri.

Muita loislajeja tavattiin vähemmän. Huomiota ansaitsee kuitenkin pari lajia. Näistä toinen on dryinidi (*Dicondylus lindbergi* Heikinh., Heikinheimo 1957). Päätutkimusalueella oli parveiluajan jälkeen n. 5 % viljakaskaista sen toukkien loisimia (kuva 8). Toukkia tavattiin yksinomaan viljakaskaan aikuisista. Kasvatuksiin otettuina toukat koteloituivat ja aikuiset tulivat esiin elokuun aikana. Aikuistuttuaan nämä loispistiäiset alkoivat heti joko ahneesti syödä nuoria kaskaan toukkia tai munia niihin. — Toinen loispistiäislaji oli eräs mymaridi (*Anagrus* sp.), jonka tummanpunaiset toukat ja kotelot tavattiin yhtä poikkeusta lukuun ottamatta viistosti tuppeen tai muutoin pinnansuuntaisesti munituista viljakaskaan munista (kuva 9). Näistä munista oli arviolta 90 % sen loisimia.

6. Muiden kaskaslajien esiintyminen ja merkitys tuhoalueella

Kuten edellä mainituista viljakaskasmääristä voidaan havaita, oli tutkimusalueilla viljakaskaita hyvin runsaasti. Timoteipelloista otetuissa alkukesän näytteissä oli myös muita toukka-asteella talvehtineita kaskaslajeja. Muiden kaskaslajien määrä timoteimaissa oli kuitenkin vain 0—16 %, yleensä 2—5 %. Näistä oli yleisin *Criomorphus bicarinatus* (H. S.), pääasiallisesti sen brachyptera-muoto. Päätutkimusalueella oli muiden kaskaslajien osuus parveiluaikana kesäkuussa kauramaassa keskimäärin 5 %, mutta viljakaskaan jälkeen yleisin laji oli nyt *Doliotettix pallens* (Zett.) (4.5 %). Muut tavatut kaskaslajit olivat *Delphacodes sordidula* (Stål) (0.5 %) ja

Criomorphus bicarinatus (H. S.) f. macr. (0.3 %), satunnaisia lajeja tässä mainitsematta. Eräillä tutkimusalueilla muut kaskaslajit puuttuivat parveilun loppuvaiheessa kokonaan.

Edellä mainittujen lajien lisäksi timoteimaissa oli vielä neljäs toukkana talvehtiva laji, *Diplocolenus abdominalis* (F.). Näiden lajien mahdollista osallisuutta kaurantuhoon käsitellään myöhemmin (s. 51—52).

7. Kokeet kaurantuhon syiden selvittämiseksi

a. Eristyshäkkikokeet kentällä

Eristyshäkkikokeet suoritettiin kenttäkokeina päätutkimusalueella, ja ne muodostivat koko tutkimuksen ytimen. Syksyllä kynnetty, hyväkuntoinen, täyslannoituksen saanut n. 0.5 ha:n laajuinen salaojitettu peltoala, jossa multamaan paksuus oli 15—30 cm ja jankko hapanta savea, äestettiin ja kylvettiin kauralle kylvökoneella siemenmäärää 200 kg/ha käyttäen. Kahteen kaistaleeseen lajikekoeruuturivien väliin kylvettiin tuhoalueen ulkopuolelta peräisin olevaa Tammi-kauraa (itäv. 95 %). Osaan toista kaistaletta kylvettiin edellisenä vuonna pahoin tuhoutuneesta kauramaasta saatua Orion III-kauraa, joka siemenen huonon itävyyden vuoksi (54 %) kylvettiin kahteen kertaan koneella (à 200 kg/ha).

Kylvö suoritettiin 26. 5., jota kevään myöhäisyyden vuoksi on v. 1956 pidettävä Vaasan seudun normaalina kauran kylvöaikana. Kylvön jälkeen merkittiin koealalle 58 × 60 cm:n suuruisia kauraruutuja n. 3 m:n päähän toisistaan. Pääosa koeruuduista eristettiin ennen kauran orastumista 120 cm:n korkuisilla häkeillä, jotka oli päällystetty galvanoidulla seulakankaalla (n:o 25—28) sekä osittain polyteenikelmulla (kuvat 10 ja 11). Häkin alasyrjässä oli peltireunus, joka maahan painettuna sulki häkin täydellisesti. Koealan kaurat orastuivat 6. 6. Oraita oli keskimäärin 460 kpl/m².

Eristyshäkkikokeissa pyrittiin selvittämään, millä tavoin ja kuinka ankarasti viljakaskas mahdollisesti pystyisi vioittamaan kauraa. Koe järjestettiin neljänä toisiinsa liittyvänä sarjana, joissa kukin koejäsen käsitti kaksi koeruutua. Sarjan n:o 4 ruudut häkkeineen oli sijoitettu Orion III -kauralle, muut Tammi-kauralle. Tulokset on esitetty taulukossa 1 sivulla 20.

K o e s a r j a s s a 1 tutkittiin, minkälaista tuhoa aikaansaa yksi kaskas kasvia kohden sekä miten imennän (parveilun) alkamisaika vaikuttaa tuhon ankaruuteen. Kaikki koesarjan ruudut peitettiin häkeillä ennen kauran orastumista. Kokeeseen käytetyt aikuiset kaskaat kerättiin välittömästi ennen häkkeihin panoa päätutkimusalueen timoteipellosta, myöhemmin vieressä sijaitsevista kaura- ja sekaviljapelloista. Tiettyinä päivinä, 14. 6., 28. 6. ja 2. 7., kaskaat pantiin häkkeihin. Tulokset, jotka on esitetty kuvassa 13, osoittavat, että viljakaskaat olivat aiheuttaneet kaurassa hyvin pahaa tuhoa silloin, kun niiden imentäaika alkoi pian ensimmäisen todetun (11. 6.) parveiluajankohdan jälkeen.[1]) Kuvasta 13 on myös selvästi todettavissa korren pituuskasvun heikkeneminen. Lisäksi on mainittava, että muutkin kaurantuhoon liittyvät tyypilliset symptomit, kuten epätasainen pituuskasvu, lehtien värittyminen sekä tyviversojen muodostuminen tulivat samanaikaisesti ja samankaltaisina näkyviin kuin koeruutuja ympäröivään kauramaahan, mutta ne puuttuivat kokonaan

1) Tässä ja koesarjoissa 3 ja 4 on otettava huomioon kasveja vioittaneiden kaskaiden todelliseen määrään nähden, että ilmoitetusta, häkkeihin pannusta kaskasmäärästä huomattavan osan (arviolta 30—40 %) todettiin vahingoittuneen niitä poimittaessa ja siirrettäessä, niin että niiden elinikä häkissä on jäänyt hyvin lyhyeksi. Kauraa vioittaneiden kaskaiden määrä on siis todellisuudessa ollut n. kolmanneksen pienempi kuin alkuperäinen häkkeihin laskettu määrä.

7 4983—57

eristetyistä kontrolliruuduista (vrt. s. 43). Kontrolliruutujen satotulos oli erinomainen, 3 175 ja 3 866 kg hehtaaria kohden. Koetulos osoittaa viljakaskaan aikaansaavan kaurassa sellaisia vioituksia, jotka ovat tyypillisiä kaurassa Länsi-Suomen tuhoalueella.

Koesarjassa 2 tutkittiin, miten imentäajan pituus vaikuttaa kauran kasvuun ja satoon. Koeruudut peitettiin häkeillä eri aikoina ja peitettäessä poistettiin tai tuhottiin häkkeihin jääneet kaskaat. Imentäajaksi, jolloin koealueelle siirtyneet kaskaat ym. saivat vapaasti liikkua ruuduilla, laskettiin aika ensimmäisestä parveilusta (11. 6.) häkin paikoilleen panoon. Imentäajat olivat 0, 2, 14, 22 vrk ja jatkuva (peittämättömät ruudut). Tulokset näkyvät kuvasta 12. Koemaasta 14. 6. todetut 203 kaskasta neliömetriä kohden olivat aikaansaaneet keskimäärin yli 90 %:n satotappion. Yksi kaskas riitti siis aiheuttamaan n. kahden kaurayksilön tuhon. Tuhon ankaruus oli selvästi riippuvainen imentäajan pituudesta. Kahden vuorokauden imentäaika riitti aikaansaamaan selvän sadonalennuksen. 14 vuorokauden imentäajan jälkeen 76 % sadosta oli jo menetetty. Kasvien keskimääräinen pituus oli tässäkin selvästi korrelaatiossa tuhon ankaruuteen. 22 vrk:n imentäajan vaikutus kasvien pituuden jakaantumiseen ja tyviversojen lukumäärään on esitetty kuvassa 14. Pahasti vioitetun kauran keskipituus jäi alle 40 cm:n, kun terveen kokonaan eristetyn kauran pituus oli keskimäärin yli metrin, tyviversojen määrä vähäinen (kuva 15) ja sadot hehtaaria kohden 3 046 ja 3 837 kg. Kun peittämättömien ruutujen sadon suhdeluku oli keskimäärin 7, oli koealojen Tammi-kaurasta saatu jyvämäärä tuskin suurempi kuin keväällä peltoon kylvetty. Se seikka, onko tässä koesarjassa muilla kuin viljakaskaalla ollut osuutta tuhon aikaansaajana, jäi selvittämättä. Muiden kaskaiden ym. hyönteisten vähälukuisuus koemaassa sekä muilla kaskaslajeilla suoritetut vioituskokeet (s. 52) viittaavat kuitenkin siihen, että viljakaskas on ollut ainakin pääasiallinen, ehkä yksinomainen tuhon aiheuttaja.

Koesarjassa 3 verrattiin keskenään eri puolilta tuhoalueen todettua rajaa kerättyjen viljakaskaiden vioituskykyä. Samalla tutkittiin, missä määrin vioitus kasvaa kaskaiden määrää lisättäessä. Kaurantuhon rajoittuminen vain osaan sitä aluetta, mihin viljakaskas on Suomessa levinnyt, antoi aiheen tutkia lähemmin kaskaiden runsautta tuhoalueella ja sen ulkopuolella. Kun näissä tutkimuksissa kävi selville, että viljakaskas esiintyi yhtä runsaslukuisena tuhoalueen ulkopuolella (Ylistarossa) kuin tuhoalueellakin (Laihialla ym., vert. s. 48), näytti siltä, että jos viljakaskas ollenkaan on tuhon aiheuttaja, sen pitäisi tuhoalueella vioittaa kauraa ankarammin kuin tuhoalueen ulkopuolella.

Kauraruudut eristettiin häkkeihin ennen kauran orastumista ja kaskaat siirrettiin niihin 14—20. 6., 2 tai 5 viljakaskasta kasvia kohden, minkä jälkeen niiden annettiin jatkuvasti imeä kauraa. Kaskaat kerättiin tuhoalueelta Laihian kunnassa sijaitsevalta tutkimusalueelta ja tuhoalueen ulkopuolelta Ylistaron kunnasta n. 35 km idempää. Tulokset koesarjasta on esitetty kuvassa 16.

Viljakaskaiden määrän lisäys vaikutti herkästi kauran satoon kummassakin kaskasaineistossa, mutta niiden vioitustehot toisiinsa verrattuina olivat hyvin erilaisia. Kun 1.5—2 tuhoalueen kaskasta kasvia kohden vioitti kauraa niin pahoin, että satoa ei saatu lainkaan, oli viiden ulkopuolisen kaskaan aiheuttama satotappio 84 % ja 1.5—2 ulkopuolisen kaskaan aiheuttama 59 % (ks. huom. s. 49 alhaalla). Vielä selvempi ero on havaittavissa kasvien keskimääräisessä pituudessa ja kahujyvien %-määrissä (kuva 17). Tuhoalueen kaskaiden vioittamat kaurat eivät kasvaneet juuri 25 cm:ä pitemmiksi, kun sen sijaan tuhoalueen ulkopuolelta kerätyt kaskaat ehkäisivät kaurojen pituuskasvua vähemmän ja keskipituudeksi tuli 60—73 cm (kuva 18).

K o e s a r j a s s a 4 suoritettiin vastaava vertailu myös kauempaa kerättyjen viljakaskaiden vioituskyvyn tutkimiseksi. Pälkäneen kunnasta Etelä-Hämeestä tuodut viljakaskaat pantiin eristyshäkkeihin 12. 6., kumpaankin yksi kaskas kasvia kohden, ja Laihialta päätutkimusalueelta kerätyt kaskaat vastaavasti 15. 6. Tulokset vastaavat edellisen kokeen antamia tuloksia. Eristetyn kontrollikauran sato oli hehtaaria kohden 2 831 kg ja 3 262 kg (Orion III); tuhoalueen kaskaiden vioittaman sadon suhdeluku laski 23:een, mutta Pälkäneen kaskaiden vioittaman sadon vain 72:een. Vastaavat erot olivat jälleen havaittavissa kaurojen pituuskasvussa ja kahujyvien määrässä.

Mistä sitten johtuu, että tuhoalueen viljaskaskaat vioittavat kauraa paljon voimakkaammin kuin tuhoalueen ulkopuoliset viljakaskaat? Kesän 1956 tutkimukset ja koetulokset eivät anna tähän vastausta. Vasta jatkotutkimukset saattavat ratkaista asian, mutta ainakin seuraavat mahdollisuudet ovat olemassa:

1. Kysymyksessä on virustauti, joka talvehtii viljakaskaissa ja leviää niiden mukana. Tuhoalueen kaskaista suurempi tai pienempi osa on viruksen kantajia. Tuhoalueen ulkopuoliset kaskaat eivät sellaisia ole, vaan niiden aiheuttama lievähkö vioitus johtuu yksinomaan niiden syljen sisältämien entsyymien toksisesta vaikutuksesta ja niiden imentätoiminnasta.

2. Kysymyksessä on kaksi periytyviltä ominaisuuksiltaan erilaista kaskaskantaa, joista toinen, jonka sylkieritteet ovat voimakkaammin toksisia kauralle kuin toisen tai sisältävät jotain voimakkaasti toksista toiselta puuttuvaa entsyymiä, on leviämässä heikommin vioittavan kaskaan levinneisyysalueelle.

Kumpi näistä on kysymyksessä, selvinnee myöhemmin.

v. Rosen (1956) korostaa erityisesti kaskaiden ja fusaarioiden yhteistoiminnan suurta merkitystä tuhojen syntymisessä. Suomessa tehdyt havainnot ja kokeiden antamat tulokset osoittavat, että viljakaskaan Suomessa aikaansaama tuho on suurimmaksi osaksi sen imennästä johtuvaa. Eristyshäkkikokeessa 2 esimerkiksi annettiin kaskaiden imeä kauroja tietty aika, mutta estettiin niiden muninta poistamalla kaskaat ennen muninnan alkamista. Tästä huolimatta kaurat tuhoutuivat hyvin pahoin. Muut havainnot viittaavat siihen, että sienitauteja esiintyi vain muutamissa suhteellisen harvoissa yksittäisissä kauroissa.

Kaurasta tunnetaan kaksi laajalti levinnyttä virustautia, jotka molemmat symptomeiltaan enemmän tai vähemmän muistuttavat edellä selostettua kaurantuhoa. Toinen niistä, zakuklivanie (pupation disease), on levinnyt Siperian keski- ja eteläosiin (Sukhov ja Vovk 1938), ja toinen, oat red leaf (= barley yellow dwarf, Takeshita 1956), tunnetaan Pohjois-Amerikasta sekä mainitaan todetun myös Hollannissa (Oswald ja Thung 1955). Edellistä levittää viljakaskaan lähisukuinen laji, *Delphacodes marginata* (F.) (Sukhov ja Sukhova 1940, Sukhov ja Petluyk 1940), jälkimmäistä eräät heinäkasveilla elävät kirvalajit. Sen seikan selvittämiseksi, voisiko olla kysymys jommastakummasta edellä mainitusta virustaudista, suoritettiin alustavia inkubaatioajan ja tarpeellisen imentäajan toteamista koskevia kokeita. Lisäksi etsittiin mikroskoopilla zakuklivanie-viruksen esiintymiseen liittyviä kiteitä (Sukhov ja Vovk 1938). Vaikkakin inkubaatioaika on jokseenkin sama kuin yllä mainittujen virusten, näyttää siltä, että kysymyksessä ei ole kumpikaan edellä mainituista virustaudeista.

b. M u i d e n k a s k a s l a j i e n j a k i r v o j e n k a u r a n v i o i t u s k y k y

Edellä (s. 48) on jo selostettu muiden kaskaslajien runsautta kauramaissa siihen aikaan, jolloin tuhon syntyyn vaikuttavien syiden on pääasiallisesti täytynyt vaikuttaa kaurassa ilmenneiden symptomien syntymiseen. Sen seikan selvittämiseksi, mikä merkitys mainituilla kaskaslajeilla on kauran tuhoojina, järjestettiin koesarja, jossa

verrattiin eri kaskaslajien ja -populaatioiden imennän vaikutusta kauraan. 20 kaurakasvia kylvettiin 6":n kukkaruukkuihin, joihin kauran ollessa 1—2-lehtiasteella siirrettiin 40 kaskasta eli 2 kaskasta kasvia kohden. Ruukut peitettiin harsoeristeisiin ja sijoitettiin päätutkimusalueella pellolle, ruukut multaan kaivettuina. Tarkastus suoritettiin n. 8—9 viikkoa myöhemmin. Tulokset osoittivat, että tuhoalueelta kerätyt viljakaskaat vioittivat kauraa huomattavasti pahemmin kuin muut kaskaslajit *Delphacodes sordidula*, *Criomorphus bicarinatus*, *Doliotettix pallens* ja *Diplocolenus abdominalis*, vaikka kaikkia oli kokeessa yhtä runsaasti koekasvia kohden. Edellä mainittujen muiden kaskaslajien imemät kaurat olivat kasvaneet yhtä hyvin riippumatta siitä, oliko kaskaat kerätty tuhoalueen ulkopuolelta vai tuhoalueelta. Tuhoalueen ulkopuolelta kerätyt viljakaskaat vioittivat tässäkin kokeessa kauraa vain suhteellisen lievästi.

Edellä mainituilla muilla kaskaslajeilla oli siis sekä vähäisen lukumääränsä että suhteellisen heikon vioituskykynsä vuoksi tuskin lainkaan merkitystä kauran vioittajina.

Kauramaissa esiintyi myös kirvoja, joista yleisimpänä tuomikirva (*Rhopalosiphon padi* L.). Myös lajeja *Sitobion avenae* (F.) ja *Schizaphis* sp. tavattiin, joskin huomattavasti vähemmän. Kirvoja tavattiin etupäässä syyskesällä myös eräistä eristyshäkeistä joihin ne olivat päässeet verkon silmien läpi. Tuomikirvan (*Rhopalosiphon padi*) ja viljakirvan (*Sitobion avenae*) ilmaantuminen kaurapeltoon tapahtui niin myöhään, etteivät ne voineet aikaansaada kaurassa havaittuja tuhon symptomeja. Mikään seikka ei viittaa siihen, että niillä olisi osuutta kauran tuhoutumiseen eristyshäkeissä tai niiden ulkopuolella.

8. Viljakaskaan muissa kevätviljoissa aiheuttamat vioitukset

Kun viljakaskaan todettiin parveillessaan siirtyvän runsain joukoin ohra-, kevätvehnä- ja kauramaihin, oli aihetta epäillä, että ne riittävän runsaslukuisina voisivat aiheuttaa vioituksia myös ohrassa ja kevätvehnässä. Kun päätutkimusalueella, jossa viljakaskaiden runsaus ensimmäisen parveilun jälkeen oli n. yksi kaskas kahta kasvia kohden, ei ohrassa eikä kevätvehnässä voitu havaita mitään ulkonaisia vioituksen merkkejä, järjestettiin kasvihuoneessa Tikkurilassa talven 1956—1957 aikana vertaileva koe, jossa kaskaiden määrä oli 10 kaskasta kasvia kohden ohrassa ja kevätvehnässä. Tässä kokeessa kaskaiden suuri lukumäärä riitti aiheuttamaan voimakasta kasvun hidastumista ja kasvien heikkenemistä (kuva 19). Varsinkin vehnä oli vioittunut niin pahasti, että 4 viikon kuluttua osa kasveista kuoli ja muiden kasvu oli kokonaan pysähtynyt. Eri kaskaspopulaatioiden vioituksissa oli havaittavissa jonkin verran eroa. Tuhoalueen ulkopuolelta kerättyjen viljakaskaiden vioitus oli vähän lievempää kuin tuhoalueen kaskaiden vioitus, vaikka edellisiä kaskaita oli 4 viikon kuluttua elossa paljon enemmän.

von Rosen (1956) on myös osoittanut, että viljakaskaalla on esiintyessään runsaslukuisena esim. pellon reunoilla varteenotettavaa merkitystä vehnän tuholaisena.

9. Kaurantuhon torjuntamahdollisuuksista

Kesinä 1954—55 tehdyt havainnot kaurantuhon levinneisyydestä ja siitä aiheutuneista vahingoista osoittivat, että kysymyksessä oli suurimerkityksinen tuho, jonka torjuntamahdollisuuksia oli ensi tilassa ryhdyttävä tutkimaan. Kesä- ja heinäkuun vaihteessa 1955 Vaasan ympäristössä tehdyt viljakaskaan hävittämiskokeet osoittivat mm. parationin tehokkaasti tappavan kaskaat, mutta niiden jo useiden viikkojen

aikana ennen ruiskutusta vahingoittama kaura antoi torjuntakoemaissakin varsin heikon sadon. Keväällä 1956 ryhdyttiin yhtaikaisesti kaurantuhon syiden tutkimusten kanssa selvittämään torjuntamahdollisuuksia ottamalla huomioon sekä kasvien tuhonkestävyyden lisäämiseen että viljakaskaiden hävittämiseen tähtäävät mahdollisuudet.

Maalajin ja sen ravinnepitoisuuden vaikutuksen tutkimiseksi kerättiin n. 40:stä koemaana käytetystä kauramaasta maanäytteet, jotka analysoitiin. Maalaji, pH tai ravinnepitoisuus ei näissä tapauksissa näyttänyt vaikuttavan tuhon voimakkuuteen. Niinpä kahdesta lähes täydellisesti tuhoutuneesta koemaasta saatiin seuraavat ravinnepitoisuusarvot, jotka poikkesivat toisistaan varsin selvästi: koemaa 1: pH 6.05, $CaCo_3$ 10.06 tn/ha, K_{40} 2358.6 kg/ha, Psf 503.3 kg/ha; koemaa 2: pH 4.85, $CaCo_3$ 3.65 tn/ha, K_{40} 325 kg/ha ja Psf 25 kg/ha. Edellisenä vuonna pahoin tuhoutuneeseen kauramaahan v. 1956 kylvetty ja eristyshäkeissä kasvatettu kaura antoi terveitä kasveja ja hyvän sadon (vrt. s. 50), joten tuhon aiheuttaja ei voi olla maasta peräisin.

Kali- sekä super- ja thomasfosfaattilannoitteilla ynnä hivenkuparilla on myös suoritettu alustavia kokeita, mutta niistä saadut tulokset eivät anna selvää kuvaa niiden kaskaan levittämää kaurantuhoa lieventävästä vaikutuksesta.

Siemenen alkuperän merkityksen selvittämiseksi kylvettiin samaan koemaahan edellisenä vuonna pahoin tuhoutuneesta kaurasta saatua siementä (Orion III) ja terveeltä alueelta tuotua siementä (Tammi). Kaskaiden vaikutuksen alaisena sairastuivat molemmat kaurat pahoin, kun taas eristyshäkeissä kasvoi molemmista tervettä kauraa (vrt. koesarja 4 s. 51). Sairaasta kaurasta saatua siementä kylvettiin myös tuhoalueen ulkopuolelle, ja siitäkin kasvanut kaura oli täysin tervettä.

Kylvöajan merkitys torjunnassa selveni alustavasti kolmen eri kylvöajan vertailukokeesta. Normaali (29. 5.) ja myöhäinen (12. 6.) kylvö olivat pahoin kaurantuhon vaivaamia, kun taas erittäin myöhäistä kylvöä (22. 6.) viljakaskas ei vioittanut, koska se ei vielä ollut oraalla parveiluajan päättyessä (kuva 20). Viimeksi mainittu kylvö ei normaalinakaan vuonna ehdi tuottaa siemensatoa. Kahukärpäsen (*Oscinella frit* L.) vioitus taas oli pahinta viimeisessä kylvössä. Sen vioitusprosentti oli 16. 7. tapahtuneen tarkastuksen mukaan kylvöksessä I 24 %, II 67 % ja III 70 %. Kylvöajan järjestelyllä ei siis päästäne käytännöllisiin torjuntatuloksiin.

Kaurantuhoa kestävien lajikkeiden löytämiseksi suoritettiin kokeita 23:lla maassamme yleisimmin viljellyllä kauralajikkeella alueella, jossa tuho oli hyvin ankaraa (kuva 10).[1] Aikaisten lajikkeiden sato vaihteli 53—168 kg/ha ja oli keskimäärin 93 kg/ha. Myöhäisemmät lajikkeet, jotka kärsivät enemmän syyshalloista, antoivat 35—140 kg:n hehtaarisatoja, keskimäärin 82 kg/ha. Samassa koemaassa saatiin eristyshäkeissä terveestä Tammi-kaurasta 3 481 kg ja terveestä Orion III -kaurasta 3 047 kg/ha (vrt. s. 20). Lajikekokeissa ei siis mistään lajikkeesta saatu jyväsatona edes kylvetyn siemenen määrää (n. 200 kg/ha) ja eri lajikkeiden keskinäiset erot olivat suurimmillaankin vain 133 kg/ha.

Kasvilajikokeissa antoi ohra suhteellisen hyviä satoja olosuhteissa, joissa kaura tuhoutui pahoin. Aikaisemmin mainitussa lajikekokeessa saatiin aikaisista kauroista keskimäärin 92 kg:n hehtaarisato aikaisten ohrien sadon ollessa 821 kg/ha huolimatta koemaan ohralle ilmeisesti epäedullisesta happamuudesta (pH 5.0). Vertailun vuoksi mainittakoon, että Ruotsin bollnässjuka-alueella Kopparbergin lää-

---

[1]) Kokeissa olleet lajikkeet olivat: Kultasade II, Tammi, Orion III, Nip, Sisu, Sol II, Juha, Blixt, Blenda, Marne, Eho, Pendek, Rex, Ta 838, Ta 693, Ta 01406, Ta 344, Jo 0516, Jo 0601, Jo 0605, Jo 0606, Jo 0616 ja Jo 0652.

nissä on Porsen (1954) mukaan vuosien 1948—52 aikana kymmenessä rinnakkaiskokeessa Bambu-kauran keskisato ollut 890 kg/ha ja Edda-ohran 2 600 kg ha. — Viljakaskaalla saattaa olla merkitystä myös ohran ja vehnän satoa vähentävänä tekijänä. Siihen viittaavat eräät havainnot sekä sivulla 52 selostetun kokeen antamat tulokset.

Seosviljakokeesta, jonka siemen sisälsi kauraa ja ohraa suhteessa 1 : 1, saatiin kauraa 16 % ja ohraa 84 % sadon (jyvä)painosta. Osassa edellä esitettyä koetta suoritettiin torjuntakäsittelyjä, jolloin kauran osuus oli 49 % ja ohran 51 % jyväsadosta.

Kemiallisen torjunnan tehoa kaskaisiin tutkittiin sekä laboratorio- että kenttäkokeissa. Laboratoriokokeet osoittivat, että malationi- ja parationipölytteet tehosivat 100-%:sesti jo vuorokauden kuluessa. DDT:n alkuteho oli hitaampi ja lopullinen tehokin jäi yleensä edellä mainittujen aineiden tehoa heikommaksi. Ruiskutteina oli parationilla (33-%:sta valmistetta 1/2 l/ha) ja malationilla (50-%:sta valmistetta 1 l/ha) sekä metyylidemetonilla (50-%:sta valmistetta 1 l/ha) vuorokauden kuluessa 100 %:n alkuvaikutus. Kahden ensiksi mainitun teho säilyi hyvänä noin kymmenen vuorokautta.

Kenttäkokeita suoritettiin 35 koepaikassa 5 kunnassa. Etäisimpien koepaikkojen väli oli n. 20 km. Koemaiden koko oli 1/2—1 hehtaaria. Kesän 1956 alussa ei vielä tarkoin tunnettu kaskaan biologiaa, joten torjunnan aloittamisaika määrättiin havainnoimalla kaskaiden parveilun alkaminen Laihian päätutkimusalueella. Pääosa käsittelyistä aloitettiin 11. 6., koska silloin todettiin ensimmäinen parveilulento (vrt. s. 46). Käsittelyt suoritettiin 7—10 vuorokauden väliajoin siten, että osa koemaista käsiteltiin vain yhden kerran, osa kaksi tai kolme, jopa neljäkin kertaa. Havaittiin, etteivät parveilut alkaneet eri koealueilla (merenrannikolla ja sisämaassa) samanaikaisesti eivätkä tapahtuneet samanlaisen suursään vallitessa, vaan olivat lähinnä riippuvaisia pienilmastollisista lämpö- ja tuulisuhteista (vrt. s. 46). Myöhemmin todettiinkin, että osa kokeista oli aloitettu liian myöhään. Osassa taas käsittelyt päättyivät liian aikaisessa vaiheessa ennen parveilujen loppumista ko. alueella. Torjuntatulokset muodostuivatkin sangen vaihteleviksi. Kaikissa kokeissa antoivat käsitellyt koemaat parempia satoja kuin käsittelemättömät, sadon parannusten vaihdelessa 23—73 %. Käsitellyiltä alueilta saatu keskimääräinen sato oli 1 251 kg ja kontrollialueilta saatu 921 kg. Parhaiten onnistuneissa kokeissa antoivat käsitellyt maat 600—1 000 kg paremman sadon kuin käsittelemättömät.

Viljakaskaiden torjunnan onnistuminen on hyvin tarkoin niiden parveilun havaitsemisesta ja torjunnan välittömästä suorittamisesta riippuvainen, sillä jo parin vuorokauden aikana kaskaat pystyivät aiheuttamaan n. 20 %:n sadon vähennyksen (vrt. s. 50). Viljelijöiden lienee kuitenkin vaikeata todeta kaskaiden parveilun alkamista. Käsittelykertoja tarvittaneen kesän sääsuhteiden ja siten parveilun kestoajan mukaan 2—6. Taloudellisista syistä vain kaksi käsittelyä voinee tulla kysymykseen.

Kemiallisen torjunnan suorituksessa on myös otettava huomioon torjunta-aineiden vaikutus kaskaan luontaisiin vihollisiin, sillä torjuntakäsittelyillä saattaa myöhemmin olla jopa kaskaskantaa lisäävä vaikutus. von Rosen (1956) esimerkiksi on todennut laboratoriokokein rikkaruohomyrkkyinä käytettyjen MCPA:n ja 2.4 D:n tappavan tehokkaasti kaskaiden hyönteisvihollisia paljoakaan vahingoittamatta kaskaita. — Kemiallisen torjunnan toisena mahdollisuutena on kaskaiden syys- ja kevätbiotooppien samanaikainen torjuntakäsittely laajoilla alueilla. Sen suorittaminen vaatii melkoisia taloudellisia uhrauksia eikä sen onnistumisesta ole toistaiseksi kokemuksia.

Viljakaskaan torjunnasta teknillisin menetelmin on jonkin verran havaintoja. Kyntö ja äestys tuhoavat pääosan kaskaista pienen osan

kuitenkin jäädessä eloon ja aloittaessa heti orastuvan kauran saastuttamisen. Olkien ja sängen polttamiskokeita on myös tehty. Tuhon vaivaama, runsaasti vihreitä tyviversoja sisältävä kauran sänki palaa syksyllä huonosti, varsinkin kun saastuneen kauran olkisuus on vähäinen, ja tarjoaa siten suojaa pääosalle nuorista toukista. Teknillisiä keinoja voitaneen kuitenkin käyttää kemiallisten ohella totaalista kaskaiden torjuntaa toteutettaessa.

Kasvijärjestystä muuttamalla voitaisiin todennäköisesti heikentää kaskaan lisääntymismahdollisuuksia, sillä kaurantuhoalueella heinänurmet perustetaan yleensä kauraa tai ohraa suojaviljana käyttäen. Toistaiseksi ei kasvinvuorottelun ja kesannoinnin vaikutuksesta ole riittävästi havaintoja.

10. Yhteenveto

Suomen läntisellä rannikkoalueella on kaurassa esiintynyt ainakin vuodesta 1949 alkaen ankaraa tuhoa. Sen jatkuvan leviämisen seurauksena kauran viljely on nyt laajoilla alueilla käynyt kannattamattomaksi. Tutkimuksissa, jotka vuonna 1955 tehtyjen havaintojen perusteella keskitettiin viljakaskaan (*Delphacodes pellucida* F.) merkityksen selvittämiseen, on päädytty siihen, että tämä laji on mainitun kaurantuhon ehkä yksinomainen aiheuttaja ja levittäjä.

Viljakaskaan eristetyssä kaurassa aikaansaamat symptomit todettiin joka suhteessa samankaltaisiksi kuin kauraviljelyksillä esiintyvät kaurantuhon symptomit. Kaurantuhon symptomeiksi todettiin 3. tai 4. lehden kärjestä heinäkuun toisella viikolla alkava lehtien värittyminen ruosteenkeltaisiksi tai kirkkaan purppuranpunaisiksi, kovasti heikentynyt ja epätasainen pituuskasvu ja röyhyn heikko kehitys sekä runsas tyviversojen muodostuminen varsinkin multamaissa.

Nykyisellä tuhoalueella on sijainnut noin 11 % Suomen kauraviljelyksistä. Se vastaa noin 46 000:ta hehtaaria. Osalla, lähes 20 %:lla, tästä alueesta ei nykyisin enää viljellä kauraa, osalla sen sijaan viljely jatkuu ainakin toistaiseksi, joskin vähentyneenä. Tuho on tällä alueella pahenemassa ja leviämässä yhä laajemmalle ja aiheuttaa vuosittain ehkä miljardeihin markkoihin (ilm. 1—2 miljardia) nousevan suoranaisen satotappion. Viime vuosiin saakka tuho on pysytellyt ahtaasti rannikkoseudun viljelyksillä, joilla kauran viljely on ollut vähäisempää kuin niihin rajoittuvilla sisämaan viljelyksillä. Noin vuosista 1954—1955 alkaen se on levinnyt voimakkaasti sisämaan kuntiin. Lähivuosien aikana tullee olemaan uhanalaisena lähes 1/4 Suomen kauraviljelyksistä.

Kaurasta on käytetty noin 3/4 rehuksi. Lähitulevaisuudessa yhä suureneva osa tästä määrästä joudutaan korvaamaan muilla rehuilla.

Kaskasfaunaa ja eri lajien runsautta tutkittiin erityisellä imuperiaatteella toimivalla näytteenottolaitteella, jolla näytteiden saaminen läheltä maanpintaa kävi mahdolliseksi epäedullisissakin olosuhteissa.

Todettiin, että viljakaskas talvehti pääasiallisesti 3. ja 4. toukka-asteella, aikuistui kesäkuun aikana ja siirtyi ensimmäisen vuoden timoteinurmista, joissa talvehtiminen etupäässä tapahtui, riittävän lämpimällä ja tyvenellä säällä suurin joukoin parveillen viljamaihin. Ensimmäinen parveiluajankohta oli ratkaiseva tuhon ankaruuden ja symptomien ilmaantumisen kannalta. Muninta alkoi heinäkuun alussa ja toukkien kuoriutuminen heinäkuun lopulla. Vuoden kuluessa kehittyy vain yksi sukupolvi.

Viljakaskaan luontaisista vihollisista olivat yleisimmät *Panstenon oxylus* (Walk.) ja *Ahlbergiella aequa* (Walk.) sekä *Elenchus tenuicornis* Kirby. Muut varteenotettavat loiset olivat *Dicondylus lindbergi* Heikinh. ja *Anagrus* sp.

Viljakaskas esiintyi sekä tuhoalueella että sen ulkopuolella jokseenkin yhtä runsaslukuisena; keväällä sitä oli timoteimaassa 7—23 milj. kpl/ha ja parveilun jälkeen kauramaissa 2—3 milj. kpl/ha.

Eristyshäkkikokeiden antamat tulokset osoittivat selvästi, että viljakaskas imennällään aikaansai kaurantuhon joko välittömästi tai välillisesti. Kysymyksessä ei kuitenkaan näytä olevan »oat red leaf» — eikä »zakuklivanie»-nimisinä tunnetut kauran virustaudit. Viljakaskaan ensimmäisen parveilun aikana kaura, joka silloin oli 1—2-lehtiasteella, vioittui voimakkaammin — vanhempana lievemmin — jos viljakaskaat saivat imeä kauroja yli 2 viikon ajan ja kaskaita oli vähintään yksi kahta kasvia kohden. Tämä riitti aiheuttamaan kaurassa niin pahan tuhon, että sen viljely ei enää ollut taloudellisesti kannattavaa parhaimmissakaan pelloissa. Tällainen viljakaskasmäärä oli yleinen tuhoalueen kaurapelloissa.

Viljakaskas aiheutti hyvin runsaana esiintyessään vioituksia myös ohrassa ja varsinkin kevätvehnässä. Muilla kaskaslajeilla ja kirvoilla ei havaittu olevan merkitystä kaurantuhon aiheuttajana.

Kaskaiden torjunnasta esitetyt päätelmät perustuvat yleensä vain yhden kasvukauden kokeisiin ja ovat siten vain suuntaa antavia. Kaurantuhon torjunnan ratkaiseminen näyttää olevan melko monitahoinen ongelma. Maaperä-, lannoitus- ja kylvöaikakokeet eivät toistaiseksi ole antaneet positiivisia tuloksia. Siemenen alkuperä ei vaikuta tuhon voimakkuuteen. Resistenttien lajikkeiden löytäminen näyttää vaikealta. Jalostustyöllä saattaa kuitenkin olla mahdollisuuksia kestävän kauran kehittämisessä. Kaskaan vähentämiseen tähtäävät teknilliset keinot tuskin riittävät ja kaurapeltojen suojeleminen kemiallisen torjunnan avulla on kallista eikä kaikissa olosuhteissa anna hyviä tuloksia. Totaalinen, laajoilla alueilla samanaikaisesti tapahtuva kaskaiden hävittäminen kemiallisia ja teknillisiä torjuntakeinoja käyttäen on vielä kokeilematta. On oma kysymyksensä, onko sen käytännöllinen suorittaminen tuhoalueen suuruuden johdosta mahdollista. On epävarmaa, voitaisiinko viimeksi mainitulla toimenpiteellä ehkäistä tämän kaurantuhon leviäminen edelleen muihin osiin maatamme. Toistaiseksi näyttää ainoalta varmalta keinolta kauranviljelyn lopettaminen tuhoalueella ja sen korvaaminen ohralla, vehnällä ym. kasveilla.
